



**TUGAS AKHIR TF 141581**

**IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE (RCM)* PADA PROSES  
PEMURNIAN GAS (*GAS SWEETENING SYSTEM*)**

**ARIF RACHMAT HERMAWAN**  
**NRP 2413.105.024**

**Dosen Pembimbing :**  
**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc**

**Jurusan Teknik Fisika**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya**  
**2015**



**FINAL PROJECT TF 141581**

**IMPLEMENTATION OF RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE (RCM) ON GAS PURIFICATION  
PROCESS (GAS SWEETENING SYSTEM)**

**ARIF RACHMAT HERMAWAN**

**NRP 2413.105.024**

**Advisor Lecturer :**

**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc**

**Department of Engineering Physics**

**Faculty of Industrial Technology**

**Sepuluh Nopember Institute of Technology**

**Surabaya**

**2015**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED*  
MAINTENANCE (RCM) PADA PROSES PEMURNIAN  
GAS (*GAS SWEETENING SYSTEM*)**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :  
**Arif Rachmat Hermawan**  
**NRP. 2413 105 024**

**Surabaya, 13 Juli 2015**  
**Mengetahui/Menyetujui**

**Ketua Jurusan  
Teknik Fisika FTI-ITS**

**Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA**  
**NIP. 19650309 199002 1 001**



**Dosen Pembimbing**

**Dr. Ir. Purwadi A. Darwito, M.Sc**  
**NIP. 19620822 198803 1 001**

**IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE (RCM)* PADA PROSES PEMURNIAN  
GAS (*GAS SWEETENING SYSTEM*)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi  
Program Studi S-1 Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :**

**Arif Rachmat Hermawan  
NRP : 2413 105 024**

**Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir**

**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc. .... (Pembimbing)**

**Hendra Cordova, ST, MT ..... (Ketua Penguji)**

**Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc ..... (Penguji I)**

**Dr. Bambang L. W., ST, MT ..... (Penguji II)**

**Ir. Tutug Dhanardono, MT ..... (Penguji III)**

**SURABAYA  
JULI, 2015**

**IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED*  
MAINTENANCE (RCM) PADA PROSES PEMURNIAN  
GAS (*GAS SWEETENING SYSTEM*)**

**Nama Mahasiswa** : Arif Rachmat Hermawan  
**NRP** : 2413 105 024  
**Program Studi** : S1-Teknik Fisika, FTI-ITS  
**Pembimbing** : Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc

**Abstrak**

Pada penelitian tugas akhir ini telah dilakukan identifikasi sistem (fungsi komponen) serta analisa kualitatif dan kuantitatif berupa evaluasi kehandalan komponen penyusun *gas sweetening system* ( $H_2S$  removal system). Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui komponen kritis penyusun  $H_2S$  removal system, menentukan interval perawatan efektif dan menentukan usaha pencegahan kegagalan yang tepat. Metode yang digunakan adalah evaluasi kehandalan komponen (kuantitatif) untuk mengetahui komponen kritis penyusun sistem. Selain itu juga dilakukan penerapan metode kualitatif *reliability centered maintenance* (RCM) yang berguna menangani setiap kegagalan yang terjadi pada komponen penyusun sistem. Hasil yang didapatkan berupa jadwal perawatan yang optimal untuk setiap komponen penyusun sistem, dan dari hasil penerapan RCM telah dibuat tabel RCM yang mendeskripsikan sistem secara mendetail menjawab tujuh pertanyaan dasar tentang RCM sebagai rekomendasi kegiatan dalam rangkan pencegahan kegagalan. Komponen kritis penyusun  $H_2S$  removal system antara lain *guard beds filter/dust filter B*, *hot lean amine pump A*, *amine mechanical filter* dan *solvent filter* berdasarkan laju kegagalan yang terus meningkat.

**Kata kunci** :  $H_2S$  removal system, kehandalan komponen, , komponen kritis, usaha pencegahan, *reliability centered maintenance* (RCM), laju kegagalan.

# **IMPLEMENTATION OF RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) ON GAS PURIFICATION PROCESS (GAS SWEETENING SYSTEM)**

**Student Name** : Arif Rachmat Hermawan  
**NRP** : 2413 105 024  
**Study Program** : SI-Engineering Physics, FTI-ITS  
**Supervisor** : Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc

## **Abstract**

*At this research has been carried out identification system (components function) as well as qualitative analysis and quantitative reliability evaluation of gas sweetening components of the system (H<sub>2</sub>S removal system). The purpose of this study was to determine the critical components of the H<sub>2</sub>S removal system, determine the effective maintenance intervals and determine the exact failure prevention efforts. The quantitative method used in the evaluation of the reliability of components and determine the critical components of the system. It also applied qualitative method that is realibility centered maintenance (RCM) who useful to handle any failures in the components of the system. The results obtained for the schedule maintenance of component and the results of the application of RCM has been made a table that describes detail of the system to answering seven basic questions about RCM as recommendations of failure prevention activities. Critical components of H<sub>2</sub>S removal system is guard beds filter/dust filter B, hot lean amine pump A, amine mechanical filter dan solvent filter based on increasing failure rate.*

**Keyword** : H<sub>2</sub>S removal system, reliability of components, critical component, failure prevention, reliability centered maintenance (RCM), failure rate.

## KATA PENGANTAR

Segala puji kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, hidayat serta inayahnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) PADA PROSES PEMURNIAN GAS (*GAS SWEETENING SYSTEM*)”. Penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan penelitian ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika ITS.
2. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku pembimbing, yang selalu memberikan bimbingan serta dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini.
3. Bapak Totok Ruki Biyanto, Ph.D selaku dosen pembimbing tidak tertulis, yang selalu memberikan ilmu, semangat dan motivasi.
4. Bapak Hendra Cordova, ST, MT; Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc; Dr. Bambang L. Widjiantoro, ST, MT dan Bapak Ir. Tutug Dhanardono, MT selaku dosen penguji penelitian tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberikan ilmu selama proses perkuliahan.
6. Orang tua penulis, Ayah dan Ibu tersayang yang selalu memberikan doa dan dukungan secara moril maupun materil setiap waktu.
7. Laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol, yang telah memberikan tempat berdiskusi dalam menyelesaikan penelitian ini.
8. Tim penelitian *reliability centered maintenance* (RCM) Candra Luthfian Abadi, Ahmad Hisyam, Moch. Reza Zulfan, sebagai tempat berkeluh kesah.
9. Teman-teman seperjuangan LJ 2013 Teknik Fisika. yang selalu memberi semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.

10. Teman-teman kos keputih gang.2 no 26 yang selalu memberi semangat serta memberi dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini.
11. Dan semua pihak yang telah mendukung dan memberikan doa yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat penulis harapkan, sehingga dapat menjadi lebih baik lagi. Penulis juga berharap semoga laporan penelitian ini dapat menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembacanya.

Surabaya, 13 Juli 2015

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xxi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Sistematika Laporan.....	3
<b>BAB II TEORI PENUNJANG .....</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Gas Sweetening System (H<sub>2</sub>S Removal System)</i> .....	5
2.2 <i>Kehandalan (Reliability)</i> .....	7
2.3 <i>Availability</i> .....	11
2.4 <i>Maintainability</i> .....	12
2.5 <i>RCM (Reliability Centered Maintenance)</i> .....	14
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>23</b>
3.1 Pengumpulan Data .....	23
3.2 Identifikasi Sistem.....	23
3.3 Pengolahan Data.....	29

<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
4.1 Analisa Kualitatif .....	35
4.2 Analisa Kuantitatif .....	55
4.3 Evaluasi Keandalan Dengan <i>Preventive Maintenance</i> ..	82
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>113</b>
5.1 Kesimpulan.....	113
5.2 Saran.....	114
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xxiii</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Deskripsi <i>system function</i> dan <i>function failure</i> dari <i>exhaust system</i> 5 MW turbine.....	17
Tabel 2.2	Deskripsi <i>failure mode</i> dan <i>failure effect</i> .....	17
Tabel 3.1	Deskripsi fungsi komponen, fungsi kegagalan dan FMEA .....	30
Tabel 3.2	<i>Descission worksheet</i> dari RCM II .....	30
Tabel 4.	Deskripsi FMEA <i>amine contactor inlet KO drum</i> .....	35
Tabel 4.2	<i>Descission worksheet</i> pada <i>amine contactor inlet into KO drum</i> .....	36
Tabel 4.3	Deskripsi FMEA <i>mercury guard beds</i> .....	36
Tabel 4.4	<i>Descission worksheet</i> pada <i>mercury guard beds</i> .....	37
Tabel 4.5	Deskripsi FMEA <i>guard beds filter</i> .....	37
Tabel 4.6	<i>Descission worksheet</i> pada <i>guard beds filter</i> .....	37
Tabel 4.7	Deskripsi FMEA <i>amine contactor</i> .....	38
Tabel 4.8	<i>Descission worksheet</i> pada <i>amine contactor</i> .....	38
Tabel 4.9	Deskripsi FMEA <i>amine overhead gas ko drum</i> .....	39
Tabel 4.10	<i>Descission worksheet</i> pada <i>amine overhead gas ko drum</i> .....	39
Tabel 4.11	Deskripsi FMEA <i>amine flash drum</i> .....	40
Tabel 4.12	<i>Descission worksheet</i> pada <i>amine flash drum</i> .....	40
Tabel 4.13	Deskripsi FMEA <i>rich amine filter</i> .....	41
Tabel 4.14	<i>Descission worksheet</i> pada <i>rich amine filter</i> .....	41
Tabel 4.15	Deskripsi FMEA <i>lean/rich amine exchanger</i> .....	41
Tabel 4.16	<i>Descission worksheet</i> pada <i>lean/rich amine exchanger</i> .....	42
Tabel 4.17	Deskripsi FMEA <i>amine regenerator</i> .....	42
Tabel 4.18	<i>Descission worksheet</i> pada <i>amine regenerator</i> .....	43
Tabel 4.19	Deskripsi FMEA <i>amine reboiler</i> .....	43
Tabel 4.20	<i>Descission worksheet</i> pada <i>amine reboiler</i> .....	44
Tabel 4.21	Deskripsi FMEA <i>hot lean amine pump</i> .....	44

Tabel 4.22	<i>Descision worksheet pada hot lean amine pump</i> .....	45
Tabel 4.23	Deskripsi FMEA <i>lean amine air cooler</i> .....	45
Tabel 4.24	<i>Descision worksheet pada lean amine flash drum</i> .....	46
Tabel 4.25	Deskripsi FMEA <i>amine mechanical filter</i> .....	46
Tabel 4.26	<i>Descision worksheet pada amine mechanical filter</i> .....	46
Tabel 4.27	Deskripsi FMEA <i>amine carbon filter</i> .....	47
Tabel 4.28	<i>Descision worksheet pada amine carbon filter</i> .....	47
Tabel 4.29	Deskripsi FMEA <i>solvent filter</i> .....	48
Tabel 4.30	<i>Descision worksheet pada solvent filter</i> .....	48
Tabel 4.31	Deskripsi FMEA <i>amine surge vessel</i> .....	48
Tabel 4.32	<i>Descision worksheet pada amine surge vessel</i> .....	49
Tabel 4.33	Deskripsi FMEA <i>amine regenerator overhead cooler</i> .....	49
Tabel 4.34	<i>Descision worksheet pada amine regenerator overhead cooler</i> .....	50
Tabel 4.35	Deskripsi FMEA <i>amine reflux drum</i> .....	50
Tabel 4.36	<i>Descision worksheet pada amine reflux drum</i> .....	51
Tabel 4.37	Deskripsi FMEA <i>amine reflux pumps</i> .....	51
Tabel 4.38	<i>Descision worksheet pada amine reflux pumps</i> .....	52
Tabel 4.39	Deskripsi FMEA <i>lean amine pumps</i> .....	52
Tabel 4.40	<i>Descision worksheet pada lean amine pumps</i> .....	53
Tabel 4.41	Deskripsi FMEA <i>amine drain vessel</i> .....	53
Tabel 4.42	<i>Descision worksheet pada amine drain vessel</i> .....	54
Tabel 4.43	Deskripsi FMEA <i>amine drain vessel pumps</i> .....	54
Tabel 4.44	<i>Descision worksheet pada amine drain vessel pumps</i> .....	55
Tabel 4.45	Jadwal perawatan optimal <i>H<sub>2</sub>S removal system</i> untuk nilai kehandalan 0,65 atau 65% .....	110
Tabel 4.46	Jadwal perawatan optimal <i>H<sub>2</sub>S removal system</i> untuk nilai kehandalan 0,60 atau 60% .....	111

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik kehandalan sistem dengan <i>preventive maintenance (increasing failure rate)</i> .....	14
Gambar 2.2	Diagram <i>default action</i> .....	21
Gambar 3.1	Diagram alir pengerjaan tugas akhir .....	23
Gambar 3.2	<i>Process Flow Diagram H<sub>2</sub>S Removal System</i> .....	24
Gambar 3.3	Diagram blok <i>H<sub>2</sub>S removal system</i> .....	24
Gambar 3.4	Contoh hasil pendekatan distribusi tiga parameter.....	32
Gambar 3.5	Contoh pemeringkatan ketiga parameter.....	32
Gambar 3.6	Contoh hasil distribusi yang optimal berdasarkan <i>software</i> .....	32
Gambar 3.7	Parameter yang didapatkan dari pengujian .....	33
Gambar 4.1	Kehandalan <i>amine contactor inlet ko drum</i> .....	56
Gambar 4.2	Kehandalan <i>mercury guard beds</i> .....	57
Gambar 4.3	Kehandalan <i>dust filter A</i> .....	58
Gambar 4.4	Kehandalan <i>dust filter B</i> .....	59
Gambar 4.5	Kehandalan <i>amin contactor</i> .....	60
Gambar 4.6	Kehandalan <i>amin overhead gas KO drum</i> .....	61
Gambar 4.7	Kehandalan <i>amin flash drum</i> .....	62
Gambar 4.8	Kehandalan <i>rich amin filter</i> .....	63
Gambar 4.9	Kehandalan <i>lean/rich amin exchanger A</i> .....	64
Gambar 4.10	Kehandalan <i>lean/rich amin exchanger B</i> .....	65
Gambar 4.11	Kehandalan <i>amin regenerator</i> .....	66
Gambar 4.12	Kehandalan <i>amine reboiler</i> .....	67
Gambar 4.13	Kehandalan <i>hot lean amine pump A</i> .....	68
Gambar 4.14	Kehandalan <i>hot lean amine pump B</i> .....	69
Gambar 4.15	Kehandalan <i>lean amin air cooler</i> .....	70
Gambar 4.16	Kehandalan <i>amine mechanical filter</i> .....	71
Gambar 4.17	Kehandalan <i>amine carbon filter</i> .....	72
Gambar 4.18	Kehandalan <i>solvent filter</i> .....	73
Gambar 4.19	Kehandalan <i>amine surge vessel</i> .....	74
Gambar 4.20	Kehandalan <i>amine regenerator overhead cooler</i> .....	75
Gambar 4.21	Kehandalan <i>amine reflux drum</i> .....	76

Gambar 4.22	Kehandalan <i>amin reflux pumps A</i> .....	77
Gambar 4.23	Kehandalan <i>amin reflux pumps B</i> .....	78
Gambar 4.24	Kehandalan <i>lean amin pumps A</i> .....	79
Gambar 4.25	Kehandalan <i>lean amin pumps B</i> .....	80
Gambar 4.26	Kehandalan <i>amin drain vessel</i> .....	81
Gambar 4.27	Kehandalan <i>amin drain vessel pump</i> .....	82
Gambar 4.28	Kehandalan <i>amine contactor inlet into KO drum</i> dengan PM .....	83
Gambar 4.29	Laju kegagalan <i>amine contactor inlet into KO drum</i> .....	83
Gambar 4.30	Kehandalan <i>mercury guard beds</i> dengan PM .....	84
Gambar 4.31	Laju kegagalan <i>mercury guard beds</i> .....	84
Gambar 4.32	Kehandalan <i>guard beds filter/dust filter A</i> dengan PM.....	85
Gambar 4.33	Laju kegagalan <i>guard beds filter/dust filter A</i> .....	85
Gambar 4.34	Kehandalan <i>guard beds filter/dust filter B</i> dengan PM.....	86
Gambar 4.35	Laju kegagalan <i>guard beds filter/dust filter B</i> .....	86
Gambar 4.36	Kehandalan <i>amine contactor</i> dengan PM.....	87
Gambar 4.37	Laju kegagalan <i>amine contactor</i> .....	87
Gambar 4.38	Kehandalan <i>amine overhead gas KO drum</i> dengan PM.....	88
Gambar 4.39	Laju kegagalan <i>amine overhead gas KO drum</i> .....	88
Gambar 4.40	Kehandalan <i>amine flash drum</i> dengan PM.....	89
Gambar 4.41	Laju kegagalan <i>amine flash drum</i> dengan PM .....	89
Gambar 4.42	Kehandalan <i>rich amine filter</i> dengan PM.....	90
Gambar 4.43	Laju kegagalan <i>rich amine filter</i> .....	90
Gambar 4.44	Kehandalan <i>lean/rich amine exchanger A</i> dengan PM.....	91
Gambar 4.45	Laju kegagalan <i>lean/rich amine exchanger A</i> .....	91

Gambar 4.46	Kehandalan <i>lean/rich amine exchanger B</i> dengan PM .....	92
Gambar 4.47	Laju kegagalan <i>lean/rich amine exchanger B</i> .....	92
Gambar 4.48	Kehandalan <i>amine regenerator</i> dengan PM .....	93
Gambar 4.49	Laju kegagalan <i>amine regenerator</i> .....	93
Gambar 4.50	Kehandalan <i>amine reboiler</i> dengan PM .....	94
Gambar 4.51	Laju kegagalan <i>amine reboiler</i> .....	94
Gambar 4.52	Kehandalan <i>hot lean amine pump A</i> dengan PM .....	95
Gambar 4.53	Laju kegagalan <i>hot lean amine pump A</i> .....	95
Gambar 4.54	Kehandalan <i>hot lean amine pump B</i> dengan PM .....	96
Gambar 4.55	Laju kegagalan <i>hot lean amine pump B</i> .....	96
Gambar 4.56	Kehandalan <i>lean amine air cooler</i> dengan PM .....	97
Gambar 4.57	Laju kegagalan <i>lean amine air cooler</i> .....	97
Gambar 4.58	Kehandalan <i>amine mechanical filter</i> dengan PM .....	98
Gambar 4.59	Laju kegagalan <i>amine mechanical filter</i> .....	98
Gambar 4.60	Kehandalan <i>amine carbon filter</i> dengan PM .....	99
Gambar 4.61	Laju kegagalan <i>amine carbon filter</i> .....	99
Gambar 4.62	Kehandalan <i>solvent filter</i> dengan PM .....	100
Gambar 4.63	Laju kegagalan <i>solvent filter</i> .....	100
Gambar 4.64	Kehandalan <i>amine surge vessel</i> dengan PM .....	101
Gambar 4.65	Laju kegagalan <i>amine surge vessel</i> .....	101
Gambar 4.66	Kehandalan <i>amine regenerator overhead cooler</i> dengan PM .....	102
Gambar 4.67	Laju kegagalan <i>amine regenerator overhead cooler</i> .....	102
Gambar 4.68	Kehandalan <i>amine reflux drum</i> dengan PM .....	103
Gambar 4.69	Laju kegagalan <i>amine reflux drum</i> .....	103
Gambar 4.70	Kehandalan <i>amine reflux pumps A</i> dengan PM .....	104
Gambar 4.71	Laju kegagalan <i>amine reflux pumps A</i> .....	104
Gambar 4.72	Kehandalan <i>amine reflux pumps B</i> dengan PM .....	105

Gambar 4.73	Laju kegagalan <i>amine reflux pumps</i> B .....	105
Gambar 4.74	Kehandalan <i>lean amine pumps</i> A dengan PM .....	106
Gambar 4.75	Laju kegagalan <i>lean amine pumps</i> A.....	106
Gambar 4.76	Kehandalan <i>lean amine pumps</i> B dengan PM .....	107
Gambar 4.77	Laju kegagalan <i>lean amine pumps</i> B.....	107
Gambar 4.78	Kehandalan <i>amine drain vessel</i> dengan PM.....	108
Gambar 4.79	Laju kegagalan <i>amine drain vessel</i> .....	108
Gambar 4.80	Kehandalan <i>amine drain vessel pump</i> dengan PM.....	109
Gambar 4.81	Laju kegagalan <i>amine drain vessel pump</i> .....	109



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada proses eksplorasi dan produksi minyak juga gas alam, proses meminimalisir kandungan mineral maupun gas yang tidak dibutuhkan merupakan hal yang dilakukan guna memenuhi standar atau spesifikasi produk yang telah ditetapkan perusahaan. Gas alam tersebut merupakan campuran gas yang tersusun dari gas-gas hidrokarbon ( $C_nH_{2n+2}$ ) dimana gas-gas tersebut mudah terbakar dan juga larut dalam minyak mentah yang berada dalam *reservoir* bawah tanah meskipun jumlahnya tidak terlalu banyak (AY El Nagggar 2011). *Treatment* dan *compression* yang dilakukan dalam proses pengolahan gas bertujuan mendapatkan gas alam murni tanpa kandungan senyawa asam, perlakuan yang diberikan terhadap gas alam yang keluar dari separator sangat kompleks sebelum masuk ke *gas sweetening system* (Devolds, Håvard 2013). Proses pemurnian gas bertujuan menghilangkan gas  $H_2S$  dan kontaminan lain yang dapat merugikan proses produksi, dengan melibatkan senyawa kimia dan *membrane* (Anders Hoff & Hallvard F 2013). Pemurnian tersebut secara tidak langsung juga mengurangi resiko terjadinya korosi (*corrosion*) pada jaringan perpipaan dan peralatan yang terbuat dari besi karbon atau baja akibat kadar keasaman yang timbul (J Kittel 2009).

Pemisahan gas  $H_2S$  dan  $CO_2$  terjadi pada *H<sub>2</sub>S Removal System* dimana sistem ini dapat dikatakan beroperasi dengan baik apabila gas yang diproduksi bebas dari senyawa asam. Dari uraian diatas *Gas Sweetening System* (*H<sub>2</sub>S Removal System*) tersebut dirasa perlu dilakukan evaluasi karena fungsi kerjanya berhubungan dengan fluida gas yang rentan terhadap korosi saat beroperasi dengan intensitas waktu yang lama sehingga dikhawatirkan dapat mempercepat penurunan performansi sistem, dibuktikan dengan masih terjadinya kegagalan pada komponen sistem ini sehingga berdampak pada sistem kerja secara keseluruhan. Dalam rangka mendukung proses produksi,

manajemen pemeliharaan disebut perusahaan memerlukan strategi perawatan yang tepat untuk mengoptimalkan pemeliharaan dan program manajemen kehandalan.

Kehandalan didefinisikan sebagai peluang/kemungkinan suatu komponen dapat menjalankan fungsinya dengan baik selama periode waktu tertentu (Deepak Prabhkar P 2013). Namun begitu sulit untuk menerapkan strategi perawatan yang baru terhadap fasilitas produksi suatu industri yang kompleks (JA Sainz 2013), hal ini ditunjukkan dengan masih adanya kegagalan komponen dilapangan. Disisi lain belum terperinci-nya *schedule* berkala untuk mengantisipasi kegagalan yang mungkin terjadi, sehingga perlu dilakukan evaluasi kehandalan dengan metode yang tepat pada sistem ini yang berkaitan dengan fungsi waktu operasi dan kegagalan komponen saat proses produksi yang berguna untuk menata ulang waktu perawatan *equipment* yang ada. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam mencegah dan menyelesaikan kasus kegagalan dalam suatu proses produksi. Oleh sebab itu perlunya penerapan RCM untuk mengetahui dan menjaga kehandalan sistem pemurnian gas ini.

## **1.2 Permasalahan**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas. Permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah :

- a. Bagaimana cara menentukan komponen kritis dari *gas sweetening system* ( $H_2S$  Removal System).
- b. Bagaimana menganalisis kehandalan komponen penyusun sistem yang berdampak pada perawatan efektif.
- c. Bagaimana menentukan usaha pencegahan guna mengantisipasi terjadinya kegagalan

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini tidak menimbulkan permasalahan yang meluas dan diluar topik yang diangkat, maka dibuat beberapa batasan masalah, yaitu.

- a. Evaluasi kehandalan (*reliability*) dibatasi pada *gas sweetening system* ( $H_2S$  Removal System) yang terdiri dari unit proses *separating, filtering, heating, cooling, pumping*, dan *storing*.
- b. Data yang digunakan adalah data perawatan (*failure – repair*) untuk masing – masing unit atau komponen yang dominan terhadap kejadian kegagalan dengan kurun waktu 7 tahun.
- c. Distribusi kegagalan disetiap komponen diperoleh dengan menggunakan *tools software* Reliasoft Weibull ++
- d. Analisa kualitatif berupa komponen penyusun, bentuk kegagalan, penyebab kegagalan dan akibat yang ditimbulkan

#### 1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian tugas akhir ini antara lain :

- a. Mengetahui komponen kritis penyusun *gas sweetening system* ( $H_2S$  removal system) yang dominan terhadap kejadian kegagalan (*failure* dan *repair*).
- b. Menganalisa kehandalan komponen penyusun sistem kemudian menentukan interval waktu perawatan efektif.
- c. Menentukan usaha pencegahan guna mengantisipasi terjadinya kegagalan.

#### 1.5 Sistematika Laporan

Sistematika dalam menulis laporan penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

##### BAB I PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika laporan.

##### BAB II TEORI PENUNJANG

Berisikan tentang teori-teori yang berhubungan dengan konsep kehandalan (*reliability*), *availability*, *maintainability*, proses pada *Amine Sweeteinging System* ( $H_2S$  Removal System), dan juga RCM (*Reliability Centerd Maintenance*)

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Berisikan tentang metode yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir, cara pengolahan data.

**BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

Berisikan analisa kuantitatif dan kualitatif dari *gas sweetening system (H<sub>2</sub>S Removal System)*.

**BAB V PENUTUP**

Berisikan tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan juga saran untuk penelitian lebih lanjut.

## BAB II TEORI PENUNJANG

### 2.1 *Gas Sweetening System (H<sub>2</sub>S Removal System)*

H<sub>2</sub>S Removal System merupakan *amine system* yang berfungsi meminimalisir kandungan gas H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub> yang terperangkap dalam molekul-molekul penyusun gas alam, yang mana pada sistem ini proses yang terjadi adalah *separating* (pemisahan), *filtering* (penyaringan), *cooling* (pendinginan) dan *heating* (pemanasan), *pumping* (pemompaan) dan *storing* (penyimpanan) yang terus berulang (Devolds, Håvard 2013). Gas dari *Central Processing Platform (offshore)* masuk ke unit *production separator* untuk dipisahkan berdasarkan massa jenis dari fluida-nya, sebelum masuk ke *sweetening gas system*. Gas alam digolongkan sebagai berikut (Devolds, Håvard 2013) :

- a. *Sweet gas* yaitu gas alam yang tidak mengandung atau relative kecil mengandung *impurities* dan gas-gas kontaminan seperti H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub>.
- b. *Sour gas* yaitu gas alam yang masih mengandung *impurities* dan gas-gas kontaminan seperti H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub>.
- c. *Wet gas* yaitu gas alam yang mengandung bensin al am (*natural gasoline*) dalam jumlah yang berarti. Natural gasoline ini dapat dicairkan dan dipisahkan dari gas alamnya dengan cara pemampatan atau kompresi dan dikondensasikan.
- d. *Dry gas* yaitu gas alam yang komponen utamanya metana tidak mengandung gasoline.

Bila suatu gas alam mempunyai kandungan uap air berada dalam suatu tempat yang bertekanan tinggi dengan temperatur rendah maka kemungkinan gas alam dengan uap air akan membentuk padatan yang disebut dengan hidrat padat. Proses pemurnian gas alam melalui beberapa tahapan proses, yaitu :

- a. Proses pemisahan atau separasi pada unit *separator* untuk memisahkan gas dari cairan, atas dasar prinsip fisika yaitu dipisahkan berdasarkan berat jenisnya.

- b. Proses Penyaringan atau filterisasi pada unit *filter* untuk menyaring kotoran atau padatan-padatan.
- c. Proses pemurnaian atau purifikasi yaitu proses untuk menghilangkan kandungan gas-gas beracun ( $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$ ) yang terkandung dalam gas dengan menggunakan *amine* unit dan diproses secara kimia dengan menggunakan bahan kimia n-MDEA. Proses ini di sebut juga dengan proses *sweetening gas*.
- d. Proses penghilangan kandungan  $\text{H}_2\text{O}$  atau dehidrasi pada unit *dehydrator*, secara proses kimia dengan menggunakan bahan kimia TEG (*Triethylen Glycol*).

Gas yang membentuk asam jika bereaksi dengan air disebut gas asam. *Hydrogen sulfide* ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dan Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ ) adalah gas asam yang sering ditemukan di dalam gas alam. Gas ini terdapat dalam konsentrasi yang bervariasi tergantung dari lapisan tanah gas tersebut berasal. Asam yang terbentuk dapat sangat korosif terhadap peralatan dan pipa (J Kittel 2009).

Pembersihan gas alam dari  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{CO}_2$  adalah salah satu hal yang sangat penting dilakukan. *Hydrogen sulfide* harus dihilangkan untuk menghindari korosi dan racun dari gas tersebut. *Hydrogen sulfide* mengalami pembakaran setelah dilepaskan dari gas alam. Pada proses pembakaran, *hydrogen sulfide* membentuk sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) yang juga merupakan salah satu gas beracun namun sifat racunnya lebih rendah dibanding  $\text{H}_2\text{S}$ .  $\text{H}_2\text{S}$  merupakan gas yang bersifat toksik (beracun) dan tidak dapat ditoleransi keberadaannya dalam gas yang akan digunakan sebagai bahan bakar (Devolds, Håvard 2013).  $\text{H}_2\text{S}$  ini dapat berjumlah banyak dengan proses yang cepat karena pengaruh panas setelah mencapai permukaan,  $\text{H}_2\text{S}$  yang terlarut dalam air bersifat sangat korosif dan dapat menyebabkan kerusakan dini pada valve (klep), pipa serta peralatan dengan tekanan.  $\text{H}_2\text{S}$  juga menyebabkan kerusakan pada peralatan penyulingan dan memerlukan pencegahan dengan biaya yang cukup mahal (Deepak Prabhkar P 2013).

Sedangkan gas karbon dioksida tidak seburuk  $H_2S$  namun juga harus dilepaskan dari gas alam. Hal ini dilakukan untuk menghindari korosif serta untuk menghindari sifat dari gas ini yang dapat mengurangi panas yang dihasilkan dari gas alam. Pelepasan  $CO_2$  dapat meningkatkan panas yang dihasilkan gas alam dan mengurangi biaya perbaikan pipa. Oleh karena itu, volume gas  $CO_2$  dalam gas alam digabungkan dengan volume gas  $H_2S$  sebagai volume total gas asam yang dipisahkan. Istilah *sour gas* merujuk pada gas dengan kandungan  $H_2S$  yang melewati batas yang dapat diterima industri. Sedangkan *sweet gas* adalah gas yang tidak mengandung  $H_2S$  atau yang mengalami proses pemurnian.

Beberapa bagian penting dalam  $H_2S$  removal system dengan fungsi atau kegunaan masing-masing pada sistem ini diantaranya unit *absorber* yang mana bagian ini bekerja memisahkan gas alam dengan kandungan air sebelum masuk ke *sweetening process* karena langsung berhubungan dengan *separator*, kemudian unit *flash separator* yang bekerja pada tekanan lebih rendah dibandingkan dengan unit *absorber* pada unit ini mulailah  $H_2S$  dan  $CO_2$  dipisahkan dari gas alam akibat reaksi yang terjadi didalamnya dengan harapan keluaran dari unit ini hanya terkandung sedikit senyawa asam, selanjutnya unit *amine stripping* yang merupakan *equipment* yang berfungsi untuk menghilangkan kandungan senyawa asam yang masih terikat dalam molekul gas alam dari proses yang terjadi pada *flash separator* sebelumnya, kemudian unit *reboiler* dimana unit ini sebagai penunjang proses pada unit *amine stripping* untuk menguapkan gas alam yang berada pada dasar unit *amine stripping* dengan harapan sisa-sisa gas  $H_2S$  dan  $CO_2$  menguap sebelum masuk ke proses selanjutnya (AY El Naggar 2011).

## 2.2 Kehandalan (*Reliability*)

Kehandalan merupakan peluang suatu sistem atau komponen berjalan dengan fungsi yang diharapkan selama periode waktu tertentu dengan kondisi operasi tertentu (Ebeling 1997). Dari

definisi tersebut kehandalan dapat mempengaruhi aktivitas produksi.

Untuk menghitung nilai kehandalan dapat menggunakan persamaan berikut (Ebeling 1997):

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_0^{\infty} f(t)dt \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

$F(t)$  adalah *Cumulative Distribution Function* (CDF)

$R(t)$  adalah *Reliability Function*

$f(t)$  adalah *Probability Density Function* (PDF)

Secara umum terdapat dua metode yang dapat digunakan untuk melakukan evaluasi kehandalan suatu sistem, yaitu:

- a. Metode Kuantitatif, merupakan metode perhitungan matematik yang dilakukan dengan pendekatan/distribusi *numeric*. Metode ini dilakukan terhadap data *maintenance (equipment record)* terhadap waktu kegagalan (*time to failure*) yang didefinisikan sebagai waktu yang dilalui komponen atau sistem mulai beroperasi sampai mengalami kegagalan dan waktu perbaikan (*time to repair*) didefinisikan sebagai waktu perbaikan yang diperlukan oleh komponen supaya dapat berfungsi kembali. Data TTF dan TTR dari komponen dapat didekati dengan beberapa distribusi kegagalan yang telah dikenal antara lain distribusi normal, lognormal, eksponensial dan weibull.

- b. Metode Kualitatif

Metode kualitatif merupakan metode analisa *quality* melalui perspektif praktis dari suatu masalah. Untuk mengevaluasi kehandalan dilakukan dengan pengumpulan data dengan teknik kualitatif pula. Contohnya *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), *Failure Mode Effect and Criticality Analysis* (FMECA), *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Analisa kualitatif ini digunakan untuk menganalisa sistem guna mencari jenis kegiatan yang paling efektif ditinjau dari bentuk kegagalan.



### 2.2.1 Laju Kegagalan

Laju kegagalan ( $\lambda$ ) merupakan ukuran atau nilai seberapa besar kegagalan yang terjadi persatuan waktu (Deepak Prabhkar P 2013). Dimana laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi dalam selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen atau sistem. Menghitung besarnya nilai laju kegagalan dapat dilakukan dengan persamaan dibawah ini (Ebeling 1997):

$$\lambda(t) = \frac{f}{T} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\lambda(t) = \frac{1}{MTTF} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

$f$  adalah kegagalan selama jangka waktu operasi

$T$  adalah total waktu operasi.

MTTF adalah rata – rata kegagalan yang terjadi

### 2.2.2 Distribusi Kegagalan

Distribusi kegagalan didapatkan dari data TTF (*Time To Failure*) dan TTR (*Time To Repair*), parameter yang didapat dari analisa distribusi data digunakan untuk mengetahui dan menganalisa *reliability*, *availability* dan *maintainability* dari objek yang dituju. Berikut jenis-jenis distribusi kegagalan (Ebeling 1997):

#### a. Distribusi Normal

Distribusi *normal* atau yang sering disebut distribusi gaussian merupakan jenis distribusi yang sering digunakan dalam menjelaskan sebaran data (Boediono & Koster 2001). Berikut merupakan persamaan untuk menentukan *Probability density function*:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

$t$  = waktu (variabel)

$\mu$  = rata-rata data

$\sigma$  = simpangan baku

Bila distribusi kegagalan suatu sistem menggunakan distribusi *normal*, maka dapat menggunakan persamaan berikut untuk mengetahui (Ebeling 1997):

- Fungsi *Reliability*  $R(t)$

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots (2.6)$$

- Laju Kegagalan  $\lambda(t)$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots\dots (2.7)$$

## b. Distribusi Lognormal

Distribusi ini memiliki dua parameter yang sama seperti distribusi normal. Berikut merupakan persamaan untuk mencari *Probability density function*-nya (Ebeling 1997):

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(t)-\mu}{\sigma}\right)^2\right) \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan :

$t$  = waktu (variabel)

$\mu$  = rata-rata data

$\sigma$  = simpangan baku

Bila distribusi kegagalan suatu sistem menggunakan distribusi *lognormal*, maka dapat menggunakan persamaan berikut untuk mengetahui (Ebeling 1997):

- Fungsi *Reliability*  $R(t)$

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{\ln(t)-\mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots (2.9)$$

- Laju Kegagalan  $\lambda(t)$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots\dots (2.10)$$

## c. Distribusi Weibull

Distribusi weibull dapat dipakai untuk merepresentasikan bentuk variasi data yang luas. *Probability density function* dari distribusi *weibull* dapat dicari dengan persamaan berikut (Abernethy n.d.):

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[ \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \right] \exp \left[ - \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right] \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan :

- t = waktu (variabel)
- $\beta$  = bentuk parameter (*shape parameter*)
- $\eta$  = parameter skala (*scale parameter*)
- $\gamma$  = parameter lokasi (*location parameter*)

Bila pendekatan data distribusi kegagalan suatu sistem menggunakan distribusi weibull, maka dapat menggunakan persamaan berikut untuk mengetahui:

- Fungsi *Reliability* R(t)

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right\} \dots\dots\dots (2.12)$$

- Laju Kegagalan  $\lambda(t)$  :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[ \frac{t-\gamma}{\eta} \right]^{\beta-1} \dots\dots\dots (2.13)$$

#### d. Distribusi Exponensial

*Probability density function* dari distribusi exponensial dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda(t-\gamma)}, t > 0, \lambda > 0, t \geq \gamma \dots\dots\dots (2.14)$$

Bila distribusi kegagalan suatu sistem menggunakan distribusi eksponensial, dapat menggunakan persamaan berikut untuk mengetahui:

- Fungsi *Reliability* R(t)

$$R(t) = e^{-\lambda(t-\gamma)} \dots\dots\dots (2.15)$$

- Laju Kegagalan  $\lambda(t)$  :

$$\lambda(t) = \lambda \dots\dots\dots (2.16)$$

### 2.3 Availability

Merupakan probabilitas sebuah komponen akan tersedia saat dibutuhkan (dengan berbagai aspek kehandalan, kemampuan perawatan, dan dukungan perawatan). *Availability* biasa dikategorikan sebagai proporsi dari total waktu sebuah *item* tersedia untuk digunakan. *availability* yang berubah terhadap

waktu dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Ebeling 1997):

$$A(t) = \left[ \left( \frac{\mu}{\lambda + \mu} \right) + \left( \left( \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \right) \exp(-(\lambda + \mu)t) \right) \right] \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan :

$t$  = waktu (variabel)

$\mu$  = rata-rata data

$\lambda$  = laju kegagalan (*failure rate*)

## 2.4 Maintainability

*Merupakan* kemampuan suatu komponen dalam kondisi pemakaian tertentu, untuk dirawat, atau dikembalikan kekeadaan semula dan dapat menjalankan fungsinya, perawatan dilakukan dalam kondisi tertentu, dengan menggunakan prosedur dan sumber daya yang sudah ditentukan. Nilai *maintainability* didapatkan dari distribusi data TTR (*Time To Repair*) yang dapat ditulis seperti persamaan berikut (Ebeling 1997):

### a. Distribusi Normal

$$M(t) = \varphi \left( \frac{t - \mu}{\sigma} \right) \dots\dots\dots (2.18)$$

Dengan :

$t$  = waktu (*variabel*)

$\mu$  = rata-rata

$\sigma$  = simpangan baku

### b. Distribusi Logormal

$$M(t) = \varphi \left( \frac{\ln(t) - \mu}{\sigma} \right) \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan :

$t$  = waktu (*variabel*),  $\mu$  = rata-rata, dan  $\sigma$  = simpangan baku

### c. Distribusi Weibull

$$M(t) = 1 - e^{-\left( \frac{t - \gamma}{\sigma} \right)^\beta} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dengan :

$t$  = waktu (variabel)

$\beta$  = bentuk parameter (*shape parameter*)

$\eta$  = parameter skala (*scale parameter*)

$\gamma$  = parameter lokasi (*location parameter*)

#### d. Distribusi Eksponensial

$$M(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{MTTR}\right)} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dengan :

t = waktu (variabel)

MTTR = *Mean Time To Repair*

Secara umum terdapat tiga jenis *maintenance* yang umum dikenal yaitu :

##### 2.4.1 *Reactive Maintenance*

Tindakan yang dilakukan dalam jenis *maintenance* ini adalah membiarkan proses tetap berjalan pada suatu peralatan tertentu sampai peralatan tersebut mengalami kerusakan fungsi. Tidak ada aksi atau tindakan yang diambil untuk mengembalikan peralatan tersebut kedalam *design life*-nya.

##### 2.4.2 *Proaktive Maintenance*

Tindakan proaktif merupakan upaya untuk mencegah terjadinya kegagalan, tindakan ini dibagi mejadi dua yakni (Moubray 2000):

- a. *Predictive Maintenance*, merupakan tindakan proaktif yang dilakukan guna melakukan pencegahan terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan, namun kegiatannya tidak terjadwal secara teratur. *Predictive maintenance* mencegah kegagalan peralatan sebelum terjadi kerusakan total.
- b. *Preventive Maintenance*, merupakan tindakan proaktif atau upaya pemeliharaan yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan. *Preventive maintenance* diaplikasikan terhadap peralatan yang mengalami fase *wear-out* atau dengan kata lain peralatan yang memiliki distribusi normal. Hal ini dilakukan untuk menjaga peralatan tersebut agar tetap menjalankan fungsi nya dengan baik, bahkan dapat membantu peralatan tersebut kembali pada fase *usefull life* nya. Secara matematis, *preventive maintenance* dirumuskan sebagai berikut (Ebeling 1997).

$$R_m(t) = R(T)^n R(t - nT) \dots\dots\dots (2.22)$$

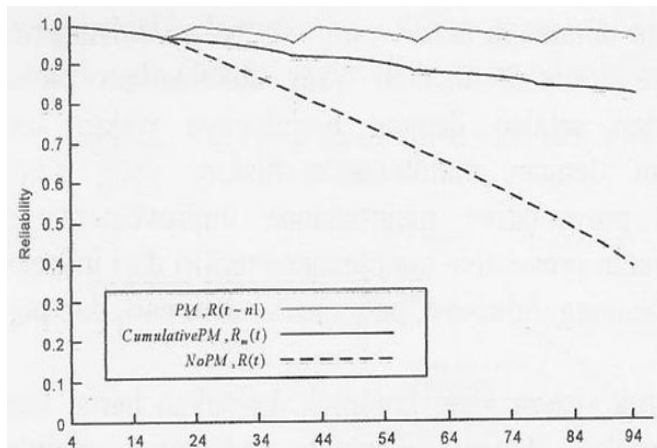
untuk:

$$nT \leq t < (n+1) t, \text{ dengan } n = 0, 1, 2, \dots$$

Dimana :

$R(T)^n$  = probabilitas ketahanan sampai dengan *preventive maintenance* ke-n

$R(t-nT)$  = probabilitas ketahanan selama jangka waktu  $t-nT$  yang telah ditentukan sebelumnya pada kondisi awal.



**Gambar 2.1** Grafik kehandalan sistem dengan *preventive maintenance* (increasing failure rate) (Ebeling 1997)

Grafik kehandalan untuk komponen/peralatan dengan *preventive maintenance* dapat dilihat pada gambar 2.4 diatas.

## 2.5 RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

Seiring dengan kebergantungan industri terhadap penggunaan instrumen dalam pengendalian proses, menjaga kualitas produk, mengurangi biaya operasi dan membantu untuk memaksimalkan produksi dengan cara menunjukan pembacaan akurat terhadap parameter proses yang ditentukan (Marshment, Denis ;Asset Dynamics Asia 2015). Hal ini membuat instrumen memegang peranan penting dalam menjaga *plant* agar tetap dalam kondisi aman dan sesuai dengan peraturan lingkungan. Karena apabila instrumen gagal memainkan fungsinya maka akan

menimbulkan bencana seperti ledakan yang terjadi di BP Texas City *Refinery System* yang menyebabkan kematian terhadap 15 pekerja, melukai lebih dari 170 orang dan biaya perbaikan miliaran, sebagian besar kerusakan disebabkan oleh kegagalan kontrol instrumen dan sistem perlindungan (Marshment, Denis ;Asset Dynamics Asia 2015).

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) secara umum didefinisikan sebagai proses yang digunakan untuk menentukan tindakan yang seharusnya dilakukan guna memastikan suatu sistem berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya. Penelitian tentang RCM pada umumnya bertujuan menjawab beberapa pertanyaan mengenai asset atau peralatan yang diteliti (Andrews JD 2002) sebagai berikut :

- a. Apakah fungsi dan kegunaan aset dalam unit operasi (*system functions*)?
- b. Bagaimana aset tersebut mengalami kegagalan dalam menjalankan fungsinya (*functional failure*)?
- c. Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi tersebut (*failure modes*)?
- d. Apakah yang terjadi pada saat terjadi kerusakan (*failure effect*)?
- e. Bagaimana masing-masing kerusakan tersebut terjadi (*failure consequence*)?
- f. Apakah yang dapat dilakukan dalam memprediksi atau mencegah kerusakan tersebut (*proactive task and task interval*) ?
- g. Apakah yang harus dilakukan apabila terjadi kegagalan (*default action*)?

Dari uraian diatas maka tahapan yang harus dilakukan dalam pengerjaan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah sebagai berikut :

- a. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi
- b. Definisi batas sistem
- c. Deskripsi sistem
- d. Fungsi sistem dan kegagalan fungsional

- e. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)
- f. *Logic Tree Analysis* (LTA)
- g. Pemilihan tindakan

Konsep dasar dari RCM adalah mempertahankan fungsi salah satu sistem, segala upaya perawatan yang dilakukan berguna untuk menjaga sistem sesuai dengan fungsinya. Dalam manajemen perawatan tidak hanya memanfaatkan rekomendasi dari vendor saja melainkan melibatkan analisa kehandalan. Luaran yang diharapkan dalam implementasi RCM dalam manajemen perawatan untuk mendapatkan suatu strategi perawatan yang optimum. Secara garis besar proses *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah :

- a. Target dari pemeliharaan suatu sistem harus secara jelas teridentifikasi, dengan mengumpulkan data yang dibutuhkan.
- b. Semua kemungkinan kegagalan dan efek yang ditimbulkan akibat kegagalan tersebut harus dianalisis secara sistematis.

Mempertimbangkan pemeliharaan yang akan dilakukan apakah *preventive maintenance* atau *corrective maintenance*. Pemilihan ditentukan berdasarkan perhitungan kehandalan, biaya perawatan dan sebagainya.

Metode RCM secara tepat dan sistematis memberikan solusi dalam perlakuan instrumentasi yang dibolehkan dalam kegiatan perawatan (*maintenance*). RCM merupakan metode terbaik untuk menganalisa aset instrumen untuk meningkatkan keamanan dan kehandalan (*reliability*), metode ini berusaha menjawab pertanyaan tentang bagaimana seharusnya instrumentasi dirawat, dengan meninjau beberapa unsur-unsur berikut (Moubray 2000):

### **2.5.1 *System Function and Functional Failure***

Masing-masing instrumen dalam suatu proses, memiliki fungsi tertentu yang dapat dikelompokkan dalam tiga kategori fungsi yakni pengendali proses (*control process*), perlindungan (*protection*) dan indikator (*indication*). *System function* dalam RCM memberikan informasi mengenai definisi fungsi bukan peralatan yang ada pada sistem tersebut, sedangkan *function*



*failure* memberikan informasi bagaimana kegagalan yang terjadi terhadap sistem tersebut dalam menjalankan fungsinya (Moubray 2000). Contoh deskripsi *system function* dan *function failure* dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut :

**Tabel 2.1** Deskripsi *system function* dan *function failure* dari *exhaust system 5 MW turbine* (Moubray 2000)

<i>System Function</i>		<i>Function Failure</i>	
1.	<i>To channel all the hot turbine exhaust gas without restriction to a fixed point 10 meters above the roof of the turbine hall</i>	A	<i>Unable to channel gas at all</i>
		B	<i>Gas flow restricted</i>
		C	<i>Fails to contain the gas</i>
		D	<i>Fails to convey gas to a point 10 m above the roof</i>
2.	<i>To reduce exhaust noise levels to ISO Noise Rating 30 at 150 meters</i>	A	<i>Noise level exceed ISO Noise Rating 30 at 150 meters</i>
3.	<i>To Ensure that duct surface temperature in side turbine hall does not rise above 60°C</i>	A	<i>Duct surface temperature exceeds 60°C</i>
4.	<i>To transmit a warning signal to the control system if exhaust gas temperature exceeds 475°C and a shutdown signal if it exceeds 500°C at a point 4 meters from the turbine</i>	A	<i>Incapable or sending a warning signal if exhaust temperature exceeds 475°C</i>
		B	<i>Incapable of sending a shutdown signal if exhaust temperature exceeds 500°C</i>
5.	<i>To allow free movement of ducting in response to temperature changes</i>	A	<i>Does not allow free movement of ducting</i>

Dalam mendeskripsikan *system function and functional failure* dari suatu sistem dapat dibentuk seperti tabel RCM II seperti gambar 2.1 diatas.

### 2.5.2 *Failure Mode and Failure Effect*

*Failure mode* dan *Effects* erat kaitannya dengan definisi kegagalan yang terjadi pada instrumen tertentu dan efek yang ditimbulkan dari kegagalan yang terjadi.

**Tabel 2.2** Deskripsi *failure mode* dan *failure effect* (Moubray 2000)

<i>Failure Mode</i>		<i>Failure Effect</i>
1.	<i>Gearbox bearings seize</i>	<i>Motor trips and alarm sounds in control room, 3 hours downtime to replace gearbox with spare. New bearings fitted in workshop</i>
2.	<i>Gear teeth stripped</i>	<i>Motor does not trip but machine stops, 3 hours downtime to replace gearbox with spare. New gears fitted in workshop</i>
3.	<i>Gearbox seized due to lack of oil</i>	<i>Motor trips and alarm sounds in control room, 3 hours downtime to replace gearbox with spare, seized gearbox would be scrapped</i>

*Failure Mode* bertujuan untuk member informasi mengenai akar permasalahan dari kegagalan. *Failure Effect* memberikan informasi mengenai dampak yang diakibatkan apabila *failure mode* tersebut terjadi. Dalam mendeskripsikan *failure mode* dan *failure effect* dapat dilakukan sesuai dengan tabel RCM II seperti gambar 2.2 diatas. Beberapa *failure mode* yang umum terjadi di industri migas adalah sebagai berikut (SINTEF 2009):

- a. *Abnormal instrument reading* (AIR) merupakan ketidak normalan pembacaan instrumen.
- b. *External Leakage-Process Medium* (ELP) merupakan kebocoran external pada unit proses.
- c. *Structural Deficiency* (STD) merupakan penyimpangan dari desain struktur unit.
- d. *Plugged/Chocked* (PLU), merupakan penyumbatan atau buntu.
- e. *Minor In-Service Problem* (SER), merupakan kegagalan yang tidak diketahui/tidak disengaja saat melakukan perbaikan/pemasangan.
- f. *Fail To Regulate* (FTR), merupakan kegagalan ketika membuka atau menutup sesuai dengan perintah yang dikirim *controller*.
- g. *Valve Leakage In Closed Position* (LCP), kegagalan yang terjadi pada *valve*, dimana *valve* mengalami gangguan saat menutup yang menyebabkan fluida tetap mengalir meski kondisi *valve* sudah menutup (biasa disebut *passing*).
- h. *Fail To Open On Demand* (FTO), umumnya kegagalan ini terjadi pada *valve*, dimana dimana *valve* tidak bisa membuka.
- i. *Fail To Close On Demand* (FTC), umumnya kegagalan ini terjadi pada *valve*, dimana dimana *valve* tidak bisa menutup.
- j. *Delayed Operation* (DOP), kegagalan dimana terjadi keterlambatan respon sistem terhadap perintah yang diberikan.
- k. *Insufficient Heat Transfer* (IHT), kegagalan yang disebabkan galangnya unit dalam mendinginkan fluida yang dilewatkan.

### 2.5.3 Konsekuensi Kegagalan (*Failure Consequence*)

Setelah mendefinisikan kegagalan yang terjadi pada suatu instrumen langkah selanjutnya adalah menetapkan kategori

konsekuensinya (*failure consequence*). Di dalam *Reliability Centered Maintenance*, konsekuensi kegagalan diklasifikasikan dalam empat yaitu (Moubray 2000):

- a. *Hidden Failure Consequences*, dimana kegagalan tersebut tidak dapat dibuktikan secara langsung sesaat setelah kegagalan terjadi.
- b. *Safety and Environment Consequences*, *safety consequences* terjadi apabila sebuah kegagalan fungsi berpotensi mengancam keselamatan pekerja/manusia lain. *environment consequences* terjadi apabila fungsi kegagalan berdampak pada kelestarian lingkungan.
- c. *Operational Consequences*, suatu kegagalan dikatakan memiliki konsekuensi operasional jika akibat yang ditimbulkan ketika kegagalan tersebut terjadi adalah pada produksi atau operasional (keluaran, kualitas produk, pelayanan terhadap konsumen atau biaya operasional untuk perbaikan komponen)
- d. *Non Operational Consequences*, Bukti kegagalan pada kategori ini adalah yang bukan tergolong dalam konsekuensi keselamatan ataupun produksi, jadi kegagalan ini hanya melibatkan biaya perbaikan komponen

#### **2.5.4 Severity Class Type**

Jenis kegagalan yang terjadi dapat dikategorikan kedalam beberapa kategori dibawah ini (SINTEF 2009):

- a. *Critical failure*, ketika kegagalan ini terjadi maka dapat menyebabkan kerugian langsung dan menyeluruh terhadap kemampuan peralatan dalam menghasilkan keluaran.
- b. *Degraded failure*, bukan merupakan kegagalan yang sifatnya kritis namun dapat menghambat kinerja peralatan dalam menghasilkan keluaran dalam beberapa kondisi. Namun tipe kegagalan ini dapat meningkat menjadi kritis dikemudian hari.
- c. *Incipient failure*, ketika kegagalan ini terjadi tidak mempengaruhi kinerja peralatan secara langsung. Akan tetapi apabila tidak diperhatikan maka dapat meningkat menjadi *degraded failure* bahkan *critical failure* dikemudian hari.

- d. *Unknown*, kegagalan ini tidak memiliki tingkat keparahan atau tidak dapat terdeteksi.

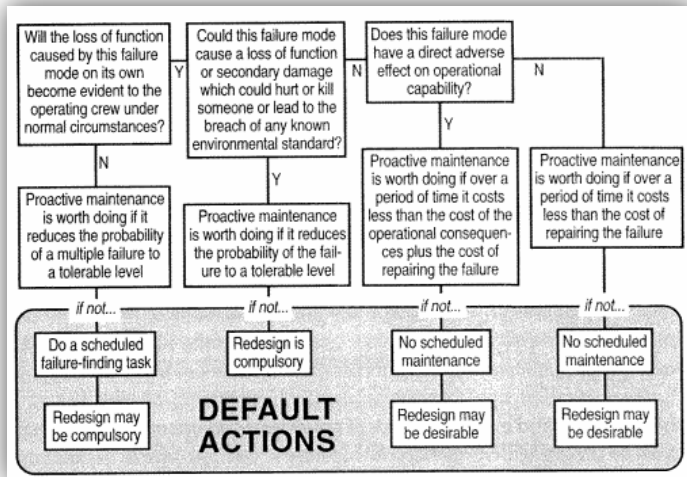
### 2.5.5 *Proactive Task and Initial Interview*

Tindakan ini dilakukan sebelum terjadinya kegagalan dengan tujuan menghindarkan asset dari kondisi yang dapat menyebabkan kegagalan (Moubray 2000). Kegiatan ini biasa dikenal dengan *predictive* dan *preventive maintenance*. Pada RCM, *predictive maintenance* dikategorikan kedalam aktifitas *scheduled on condition task*, sedangkan *preventive maintenance* dikategorikan ke dalam *scheduled restoration task* maupun *scheduled discard task*. Berikut merupakan uraian dari ketiga jenis kegiatan *proactive maintenance* (Moubray 2000).

- a. *Scheduled restoration task*, merupakan kegiatan pemeliharaan asset, dilakukan dengan cara memperbaiki komponen sesuai dengan jadwal tertentu sebelum mengalami kegagalan. Kegiatan ini mengharuskan mesin berhenti beroperasi.
- b. *Scheduled discard task*, merupakan kegiatan pergantian komponen dengan komponen yang baru pada interval waktu tertentu, tanpa melihat kondisi kompoen yang akan diganti.
- c. *Scheduled on-condition task*, kegiatan ini dilakukan secara periodik dalam mengganti komponen yang sudah ada sehingga dapat kembali pada kondisi awal (lebih akurat, mengembalikan pada ketahanan terhadap kegagalan seperti kondisi awal)

### 2.5.6 *Default Action*

*Default Action* merupakan suatu tindakan yang dilakukan apabila sudah berada dalam kondisi *failed scale*, atau ketika tindakan *proactive task* yang efektif tidak mungkin dilakukan. Gambar berikut menunjukkan diagram *default action* :



**Gambar 2.2** Diagram *default action* (Moubray 2000)

Kegiatan *default action* yang dilakukan meliputi beberapa bagian yaitu:

- Scheduled Failure Finding*, merupakan tindakan pengecekan secara periodik terhadap fungsi untuk mengetahui bagian yang mengalami kegagalan fungsi.
- Re-design*, merupakan kegiatan membuat perubahan terhadap perangkat keras dan prosedur guna mengembalikan peralatan ke kondisi semula.
- Run to failure*, tindakan yang dilakukan membiarkan alat beroperasi sampai terjadi kegagalan, hal tersebut dilakukan berdasarkan pertimbangan finansial karena tindakan pencegahan yang dilakukan dinilai tidak menguntungkan

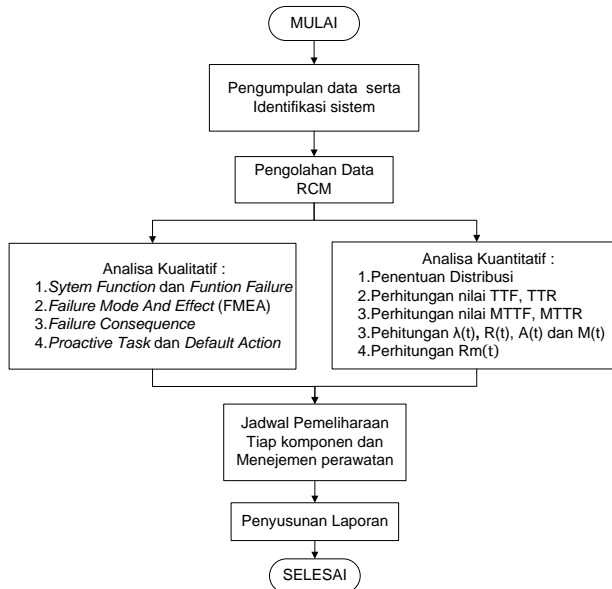
### 2.5.7 *Proposed Task dan Initial Interview*

*Proposed task* merupakan usaha untuk mendeskripsikan tindakan pencegahan sebagai tindakan nyata untuk mendefinisikan hasil dari *proactive task* dan *default action*. *Initial Interval* merupakan penentuan jarak perawatan yang optimal, terhadap *proposed task* yang ditentukan.

***(Halaman ini sengaja dikosongkan)***

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pengerjaan tugas akhir ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang sesuai dengan *flowchart* pada gambar 3.1 dibawah ini :



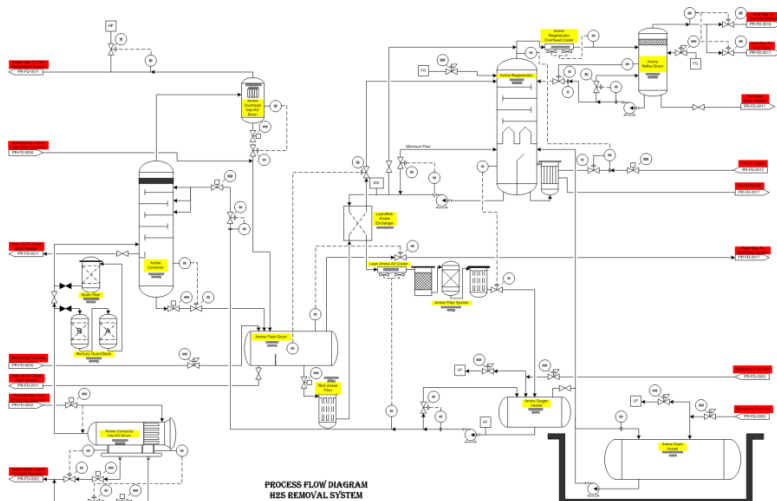
**Gambar 3.1** Diagram alir pengerjaan tugas akhir

### 3.1 Pengumpulan Data

Data yang didapatkan berupa data *maintenance* dari  $H_2S$  Removal System, dimana data *maintenance* ini memiliki *record* dalam kurun waktu tujuh tahun.

### 3.2 Identifikasi Sistem

Proses identifikasi sistem dimaksudkan untuk mengetahui kegunaan atau fungsi dari masing-masing bagian penyusun  $H_2S$  Removal System serta bagaimana sistem itu bekerja terhadap waktu, juga bagaimana cara kerja dari masing-masing bagian pendukung proses tersebut.

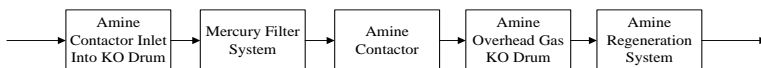


**Gambar 3.2** *Process Flow Diagram H<sub>2</sub>S Removal System*

Dari PFD diatas *acid gas* (H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, dan *sulfur compound*) yang terdapat pada *process gas* hingga batas yang ditentukan (*on specification*) dengan cara mengontakkannya dengan pelarut *amine*. Pelarut *amine* yang digunakan untuk meminimalisasi kandungan *sour gas* atau *acid gas* pada *process gas* ini adalah MDEA (*Methyl-diethanol-amine*). Batas maksimal konsentrasi H<sub>2</sub>S yang diizinkan adalah 16 ppmv sesuai spesifikasi perusahaan.

Hal ini disebabkan karena H<sub>2</sub>S merupakan senyawa korosif yang dapat menyebabkan korosi pada pipa distribusi maupun terhadap mesin yang bekerja menggunakan bahan bakar gas. Hal ini tentu sangat merugikan konsumen maupun perusahaan sebagai produsen sehingga H<sub>2</sub>S perlu diminimalisasi konsentrasinya.

Diagram blok sistem pemurnian gas (*gas sweetening system*) dapat dilihat seperti gambar dibawah ini :



**Gambar 3.3** *Diagram blok H<sub>2</sub>S removal system*



$H_2S$  removal system merupakan sekumpulan komponen yang terdiri, antara lain:

### **3.2.1 Amine Contactor Inlet Knock Out Drum**

Unit ini merupakan unit pemisah sebelum masuk ke *Amine Contactor* 135-V-06. *Process gas* yang mengalir melalui *Inlet Separator* 131-V-01 dan *Production Separator* 132-V-02 diseparasi lagi oleh *Amine Contactor Inlet KO Drum* 135-V-01 untuk memisahkan *liquid* dari gas yang masih terbawa. Karena pada unit *Amine Contactor* 135-V-06 diharapkan kandungan *liquid hydrocarbon* pada *process gas* seminimal mungkin sehingga tidak terjadi *foaming* atau pembusaan yang dapat menurunkan kinerja dari alat. Alat ini bekerja dengan menabrakkan campuran dengan packing yang terdapat di dalam unit sehingga gas akan menuju ke atas dan *liquid* akan jatuh ke bagian bawah drum. Setelah dipisahkan, gas akan dialirkan menuju *Mercury Removal System*.

### **3.2.2 Mercury Removal System**

Proses ini dilakukan untuk menghilangkan kandungan merkuri jika terdapat kandungan merkuri di dalam *process gas*. Pada *Mercury Removal System* terdapat unit *Mercury Guard Bed* 135-V-15 A/B dan unit *Guard Bed Filters* 135-W-06A/B.

#### **a. Mercury Guard Bed**

Unit ini berfungsi untuk menghilangkan kandungan merkuri yang terdapat di dalam *process gas* sebelum masuk ke *Amine Contactor* 135-V-06.

#### **b. Guard Bed Filters (Dush Filter)**

Unit ini berfungsi menyaring partikel-partikel yang masih terdapat dalam gas. Hal ini dilakukan untuk menghindari *foaming* di *Amine Contactor* 135-V-06. Keluaran dari unit ini langsung dialirkan ke *Amine Contactor* 135-V-06.

### **3.2.3 Amine Contactor**

Unit ini berfungsi untuk mengabsorpsi  $H_2S$  dari *process gas* dengan menggunakan *lean amine* (MDEA murni), sehingga

diharapkan *gas outlet* dari unit ini mengandung konsentrasi  $H_2S$  sesuai spesifikasi yaitu maksimal 16 ppmv. Suhu *lean amine* masuk melalui bagian atas *contactor* diatur sebesar  $5^{\circ}C$  lebih tinggi dari *process gas* yang masuk dari bagian bawah *contactor* yang dikontakkan secara *counter current*.

Tekanan di dalam *contactor* diatur pada 42 barg, sedangkan suhu di dalam *contactor* diatur  $40^{\circ}C$ . Selanjutnya, *sweet gas* hasil kontak dikirim ke *Amine Overhead Gas KO Drum* 135-V-09 sedangkan larutan *rich amine* (larutan *amine* yang telah mengandung *acid gas*) masuk ke *Amine Regeneration System*.

### 3.2.4 *Amine Overhead Gas KO Drum*

Unit ini berfungsi untuk memisahkan larutan *amine* yang terbawa oleh *sweet gas* dengan unit KO drum sama seperti unit *Amine Contactor Inlet KO Drum* 135-V-01. *Sweet gas* yang telah bersih dari sisa larutan *amine* akan mengalir menuju ke TEG *dehydration system* sedangkan larutan *amine* akan terkumpul di bagian bawah drum dan dikirim ke *Amine Regeneration System*.

### 3.2.5 *Amine Regeneration System*

Fungsi dari *Amine Regeneration System* ini adalah meregenerasi larutan *amine* yang kaya akan *sour gas* / *acid gas* (*rich amine*) untuk memperoleh larutan *lean amine*, sehingga dapat digunakan kembali untuk mengabsorpsi gas  $H_2S$  di  $H_2S$  *Removal System*. Sistem regenerasi ini melibatkan beberapa unit proses, diantaranya:

#### a. *Amine Flash Drum* 135-V-10

Unit ini memiliki fungsi untuk memisahkan gas dan *liquid* dengan teknik *flashing*. *Rich amine* yang mengalir dari aliran bawah *Amine Contactor* 135-V-06 dan *Amine Contactor Inlet KO Drum* 135-V-01 dialirkan menuju unit ini yang menurunkan tekanan dari 40.3 barg ke 5 barg sehingga *light component gas* hidrokarbon dan *acid gas* seperti  $H_2S$  dan  $CO_2$  yang terlarut dalam *rich amine* dapat dipisahkan. Larutan *amine* yang terpisah dialirkan ke *Rich Amine Filter* 135-W-04, sedangkan *light gas* hidrokarbonnya dikirim ke OTF untuk

diolah kembali dan *acid gas*-nya dialirkan ke *Acid Gas Flare Header* untuk dibakar.

**b. *Rich Amine Filter 135-W-04***

Unit ini berfungsi untuk menyaring kontaminan-kontaminan di dalam larutan *rich amine* agar tidak menimbulkan kerak di *Lean/Rich Heat Exchanger 135-H-02A/B*. *Rich amine* yang berasal dari *Amine Flash Drum 135-V-10* mengalir ke unit ini untuk disaring kemudian dialirkan ke *Lean/Rich Heat Exchanger 135-H-02A/B*.

**c. *Lean/Rich Heat Exchanger 135-H-02A/B***

Unit ini berfungsi untuk mentransfer panas *hot lean amine* yang bersuhu 120°C dengan *rich amine*. *Rich amine* keluaran dari HE ini memiliki suhu 94°C dan langsung dialirkan ke *Amine Regenerator 135-V-07*. HE ini berjenis *plate and frame heat exchanger* dengan daya 3102 kW.

**d. *Amine Regenerator 135-V-07***

Fungsi dari unit ini adalah memisahkan gas yang masih terbawa oleh larutan *amine*. Larutan *amine* yang masuk ke unit ini akan diturunkan tekanannya dari 5 barg ke 0.55 barg. *Regenerator* ini dipanaskan menggunakan *reboiler* hingga suhu bagian bawah sebesar 120°C dan suhu pada bagian *top* sebesar 90-98°C. Untuk mengoptimalkan *stripping sour gas*, maka dilakukan refluks yang dialirkan dengan pompa dari *Amine Refluks Drum 135-V-11* menuju ke bagian atas *Amine Regenerator 135-V-07*. Unit ini juga dilengkapi dengan *tray* sebanyak 20 *tray* sehingga meningkatkan luas permukaan *amine* dan pemisahan menjadi lebih optimal. *Lean amine* dari unit ini kemudian dialirkan ke *Lean/Rich Heat Exchanger 135-H-02A/B* dengan menggunakan *Hot Lean Amine Pumps 135-P-04A/B* (satu beroperasi, satu *standby*). *Lean amine* dari pompa *Hot Lean Amine Pumps 135-P-04A/B* di-bypass ke *Amine Regenerator Overhead Cooler 135-H-05* untuk selanjutnya masuk ke sistem refluks.

**e. *Lean Amine Air Cooler*135-H-04**

*Lean amine* yang dipompakan melalui *Hot Lean Amine Pumps* 135-P-04A/B sebagian akan menuju ke *Lean/Rich Heat Exchanger* 135-H-02A/B yang dikontakkan dengan *rich amine* yang baru keluar dari *Rich Amine Filter* 135-W-04 sehingga *lean amine output* HE menjadi lebih dingin. *Lean amine* yang melewati *cooler* ini akan kembali diturunkan suhunya dengan menggunakan *cooler*, lalu akan dialirkan menuju sistem filter.

**f. *Amine Mechanical Filter* 135-W-02**

Unit ini berfungsi menyaring partikel-partikel yang berada di dalam *liquid* sebelum dialirkan ke unit selanjutnya. Unit ini juga digunakan untuk menjaga unit *Amine Carbon Filter* 135-W-03 agar tidak cepat terkotori oleh partikel-partikel yang akan mengganggu kerja *Amine Carbon Filter* 135-W-03.

**g. *Amine Carbon Filter* 135-W-03**

Unit ini berfungsi menghilangkan sisa hidrokarbon, dekomposisi produk *amine* atau kontaminan lain yang terdapat pada larutan *lean amine*. Kontaminan yang biasanya terdapat dalam larutan *amine* yaitu *surface active*, inhibitor korosi pipa dan *well-treating chemical* yang biasanya menjadi penyebab terjadinya *foaming*. Unit ini akan dioperasikan apabila terjadi *foaming* saja karena apabila dioperasikan secara terus-menerus *carbon filter* yang terdapat dalam unit akan cepat jenuh. Oleh karena itu, aliran *amine* akan dialirkan melalui pipa lain dalam operasi normalnya dan dialirkan menuju *Solvent Filter*.

**h. *Solvent Filter* 135-W-05**

Unit ini berfungsi untuk menangkap pecahan-pecahan karbon dari unit *Amine Carbon Filter* 135-W-03. Unit ini akan tetap beroperasi meskipun tidak terjadi *foaming* (larutan *amine* tidak melewati *Amine Carbon Filter* 135-W-03). Unit ini juga dapat berfungsi sebagai *solvent* yang dapat mengabsorpsi kontaminan yang tidak terserap di *Carbon Filter* 135-W-03.

Keluaran dari unit ini akan dikirimkan ke *Amine Surge Vessel* 135-V-02.

**i. *Amine Surge Vessel* 135-V-02**

Unit ini merupakan tempat penyimpanan *lean amine* yang telah diregenerasi. Unit ini berfungsi menjamin bahwa *lean amine* yang dibutuhkan oleh *Amine Contactor* 135-V-06 tercukupi. Unit ini juga akan dibantu oleh *Amine Drain Vessel* 135-V-14 sebagai *supplier* apabila unit ini kekurangan *lean amine*. *Lean amine* akan dipompakan menggunakan *Lean Amine Pumps* 135-P-01A/B (satu beroperasi, satu *standby*) ke *Amine Contactor* 135-V-06.

**j. *Amine Regenerator Overhead Cooler* 135-H-05**

Uap panas keluaran dari *Amine Regenerator* 135-V-07 akan didinginkan melalui unit ini agar terjadi *liquid drop out* sehingga *liquid* akan masuk ke *Amine Reflux Drum* 135-V-11 dan *vapour* akan menguap ke *Acid Gas Flare Header*.

**k. *Amine Reflux Drum* 135-V-11**

Unit ini berfungsi untuk memisahkan gas asam yang tidak terkondensasi dari air atau uap hidrokarbon yang keluar dari *Amine Regenerator Overhead Cooler* 135-H-05. Selanjutnya, unit ini akan mengalirkan kembali *liquid* yang terkumpul kembali menuju *Amine Regenerator* 135-V-07 sebagai reflux dengan bantuan *Amine Reflux Pumps* 135-P-02A/B.

### **3.3 Pengolahan Data**

Data yang didapatkan diolah dengan dua metode, yaitu metode kuantitatif dan metode kualitatif, berikut merupakan penjelasan mengenai kedua metode tersebut:

#### **3.3.1 Analisa kualitatif**

Analisa kualitatif berupa identifikasi fungsi komponen (*system function*), fungsi kegagalan (*functional failure*), FMEA (*failure mode and effects analysis*), konsekuensi kegagalan

(*failure consequence*), tindakan proaktif (*proactive task*) dan *initial interval*. Berikut merupakan penjelasan dari analisa kualitatif diatas.

- Fungsi komponen (*system function*), mendefinisikan fungsi dari setiap komponen yang menyusun *H<sub>2</sub>S removal system*.
- Fungsi kegagalan (*functional failure*), mendefinisikan kegagalan komponen penyusun sistem dalam menjalankan fungsinya.
- FMEA (*failure mode and effect analysis*), mendefinisikan bentuk kegagalan dan dampak yang ditimbulkan ketika kegagalan tersebut terjadi. FMEA dapat dituliskan seperti tabel dibawah ini.

**Tabel 3.1** Deskripsi komponen, fungsi kegagalan dan FMEA(Moubray 2000)

<i>System Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
1. <i>To reduce exhaust noise level to ISO noise rating 30 at 50 meters</i>	A <i>Noise level exceeds ISO noise rating 30 at 50 m.</i>	1. <i>Silencer material retaining mesh corroded away</i>	<i>Most of the material would be blow out, but some might fall to the bottom of stack and obstruct the turbine outlet, causing high EGT and possible turbine shutdown. Noise levels would rise gradually. Downtime to repair about 2 weeks.</i>
		2. <i>Duct leaks outside turbine hall</i>	<i>.... etc</i>

- Konsekuensi kegagalan (*failure consequence*), mendefinisikan konsekuensi kegagalan kedalam empat kategori yaitu *hidden failure consequence*, *safety and environment failure consequence*, *operational failure consequence* dan *non operational consequence*. Failure consequence dapat dituliskan seperti tabel dibawah ini.

**Tabel 3.2** Descission worksheet dari RCM II (Moubray 2000)

<b>Information Reference</b>			<b>Consequence Evaluation</b>				<b>W1 S1 O1 N1</b>	<b>W2 S2 O2 N2</b>	<b>W3 S3 O3 N3</b>	<b>Default Action</b>			<b>Proposed Task</b>
<b>F</b>	<b>FF</b>	<b>FM</b>	<b>H</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>				<b>W4</b>	<b>W5</b>	<b>S4</b>	
1	A	1	Y	N	N	N	Y						<i>Schedule on condition task</i>

- e. *Proactive task dan initial interval*, menyusun tindakan yang harus dilakukan sebelum terjadi kegagalan guna menghindarkan komponen dari kemungkinan kegagalan, dan dikenal dengan kegiatan *predictive* dan *preventive maintenance*. Kegiatan *proactive task* dikategorikan menjadi tiga yaitu *schedule on condition task (predictive maintenance)*, *schedule restoration task* dan *schedule discard task (preventive maintenance)*.

### 3.3.2 Analisa Kuantitatif

Analisa kuantitatif dilakukan dengan mengevaluasi nilai kehandalan (*reliability*) dan *preventive maintenance* dari masing-masing komponen penyusun *gas sweetening system* dimana analisa ini digunakan untuk menentukan interval waktu perawatan yang optimal, dengan prosedur sebagai berikut :

#### a. Penentuan TTF (*Time To Failure*) dan MTTF (*Mean Time To Failure*)

Data nilai TTF didapatkan dari rekaman data *maintenance* dengan menghitung interval antara waktu perbaikan yang baru dilakukan dengan waktu terakhir kali komponen diperbaiki. Kemudian didapatkan nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) atau rata-rata dari TTF.

#### b. Penentuan distribusi data TTF (*Time To Failure*)


Penentuan distribusi bertujuan mendapatkan harga kemungkinan terjadinya kerusakan pada waktu tertentu dengan melakukan pendekatan distribusi data terhadap data TTF yang diperoleh. Pendekatan distribusi dilakukan dengan menggunakan *Software Reliasoft Weibull++* dikarenakan *software* ini mampu menentukan distribusi yang optimal dengan melakukan banyak pendekatan distribusi.

Parameter yang digunakan oleh *software weibull* dalam menentukan distribusi yang optimal adalah *average goodness of fit* (AVGOF), *average of plot fit* (AVPLOT) dan *likelihood function* (LKV) semakin besar nilai ketiga parameter tersebut maka mengindikasikan bahwa semakin tidak optimal distribusi

data yang diujikan dengan data uji. Begitupula sebaliknya semakin kecil ketiga parameter maka menunjukkan semakin optimal distribusi data yang diujikan dengan data uji. Seperti pada gambar 3.4 berikut.

Main Wizard				Settings and Comments
DISTRIBUTION	AVGOF	AVPLOT	LKV	
Exponential 1	1.2528E-07	6.98629085	-40.619354	<input type="button" value="Next Step &gt;"/> <input type="button" value="Begin Auto Run"/> <input type="button" value="Implement Suggestion"/>
Exponential 2	DISCARD	DISCARD	DISCARD	
Normal	5.85695801	10.1351625	-42.825726	
Lognormal	0.29335918	9.84276942	-40.252487	
Weibull 2	0.43236648	9.72668883	-40.246982	
Weibull 3	DISCARD	DISCARD	DISCARD	
Report...				Rank Regression Estimation (RRX)

**Gambar 3.4** Contoh hasil pendekatan distribusi tiga parameter

Main Wizard				Settings and Comments	
DISTRIBUTION	RAVGOF	RAVPLOT	RLKV	DESV	
Exponential 1	1	1	3	160	<div>Next Step &gt;</div> <div></div> <div>Begin Auto Run</div> <div>Implement Suggestion</div>
Exponential 2	5	5	5	500	
Normal	4	4	4	400	
Lognormal	2	3	2	220	
Weibull 2	3	2	1	220	
Weibull 3	5	5	5	500	
Report...				Rank Regression Estimation (RRX)	

**Gambar 3.5** Contoh pemeringkatan ketiga parameter

Gambar 3.5 menunjukkan pemeringkatan hasil pendekatan distribusi terhadap nilai *rank average goodness of fit* (RAVGOF), *rank average of plot fit* (RAVPLOT) dan *rank likelihood function* (RLKV) terendah menunjukkan distribusi yang optimal untuk data uji seperti pada gambar 3.6 berikut.

DISTRIBUTION	Ranking
Exponential 1	1
Exponential 2	4
Normal	3
Lognormal	2
Weibull 2	2
Weibull 3	4

**Gambar 3.6** Contoh hasil distribusi yang optimal berdasarkan software



Setelah mendapatkan distribusi yang optimal dari data maka didapatkan juga parameter distribusinya seperti gambar 3.7 berikut.

Lambda	8.0303E-5
Rho	-0.8863
Lk Value	-40.6194

**Gambar 3.7** Parameter yang didapatkan dari pengujian

Parameter hasil pengujian distribusi kemudian digunakan untuk mengevaluasi kehandalan  $R(t)$  dan *availability*  $A(t)$  komponen.

**c. Mengevaluasi kehandalan  $R(t)$  dan *availability*  $A(t)$  masing-masing komponen**

Parameter hasil pengujian distribusi digunakan untuk mencari kehandalan  $R(t)$  dan *availability*  $A(t)$  komponen, dengan memasukkannya kedalam persamaan 2.5 sampai persamaan 2.16 untuk mengetahui kehandalan  $R(t)$  komponen terhadap waktu dan persamaan 2.19 untuk mengetahui *availability*  $A(t)$  komponen terhadap waktu.

**d. Penentuan TTR (*Time To Repair*) dan penentuan MTTR (*Mean Time To Repair*)**

Data nilai TTR didapatkan dari rekaman data *maintenance* dengan menghitung interval waktu antara dimulainya perbaikan dengan waktu berhentinya perbaikan. Kemudian didapatkan nilai MTTR (*Mean Time To Repair*) atau rata-rata dari TTF.

**e. Penentuan distribusi data TTR (*Time To Repair*)**

Penentuan distribusi bertujuan mendapatkan harga kemungkinan lamanya waktu perbaikan komponen. Cara pendekatan distribusi sama seperti penentuan distribusi pada poin

b diatas, namun data yang digunakan adalah data TTR (*Time To Repair*).

**f. Mengevaluasi *maintainability*  $M(t)$  masing-masing komponen**

Parameter yang didapatkan dari pendekatan distribusi di olah dengan persamaan 2.20 sampai dengan persamaan 2.23 untuk mendapatkan *maintainability*  $M(t)$  komponen yang di uji.

**g. Mengevaluasi Kehandalan dengan *Preventive Maintenance***

Evaluasi ini bertujuan mengetahui kehandalan komponen setelah *preventive maintenance* diterapkan, dimana evaluasi ini digunakan untuk mengetahui jenis perawatan dan interval waktu perawatan yang optimal, mengacu pada penelitian sebelumnya mengenai kehandalan berdasarkan analisa biaya (*cost analysis*) yang pernah dilakukan (Musyafa et al. 2014) dengan melibatkan beberapa aspek antara lain total biaya perawatan pertahun (TC), total keperluan komponen pertahun (D), biaya pengadaan (C), biaya pemesanan (S), biaya penyimpanan (IC) dan jumlah pesanan pertahun (Q).

Maka nilai kehandalan yang optimal dengan memperhatikan biaya diatas, ditetapkan tidak kurang dari 0,65 atau 65%. Kemudian ditentukan manajemen perawatan yang efektif untuk komponen penyusun *H<sub>2</sub>S removal system*. Sedangkan untuk manajemen pemeliharaan berdasarkan pada analisa kualitatif yang didapatkan dengan menanyakan langsung pada pakar atau operator yang langsung menangani komponen di *H<sub>2</sub>S removal system*.

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Kualitatiff

Evaluasi kualitatif dilakukan dengan menganalisa *function* dan *function failure*, *failure mode and effect*, *failure consequence*, *proactive task* and *default action*. Berikut merupakan analisa kualitatif yang dilakukan pada  $H_2S$  removal system :

#### 4.1.1 Amine Contactor Inlet Into KO Drum

Fungsi *Amine Contactor Inlet KO Drum* ini adalah memisahkan *hydrocyclone* dan gas yang masuk dengan ukuran minimum 10 mikron atau *hydrocyclon* yang ikut terjebak dalam molekul gas sehingga memastikan tidak ada kontaminan yang ikut terlarut ketika diproses ke proses selanjutnya. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi peyebab terjadinya kegagalan dan jenis kegagalannya (lihat tabel 4.1)

**Tabel 4.1** Deskripsi FMEA *amine contactor inlet KO drum*

<i>Failure Modes (FM)</i>		<i>Maintainable Item</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Failure Effect</i>
1	<i>Abnormal instrument reading (AIR)</i>	<i>Instrument (level, pressure), Internal power supply</i>	<i>Blockage/plugged, Cavitation Contamination Electrical failure-general Faulty signal/indication/alarm</i>	<i>Overload (over capacity of gas and liquid on vessel), trip system</i>
2	<i>External leakage - Process medium (ELP)</i>	<i>Instrument (level), Piping, Subunit, Valve</i>	<i>Faulty signal/indication/alarm Leakage Wear</i>	<i>Fire, pressure drop, environmental polution</i>
3	<i>External leakage - Utility medium (ELU)</i>	<i>Valves</i>	<i>Cavitation Leakage Mechanical Failure - general</i>	<i>Methane pollute the envirointment</i>
4	<i>Parameter deviation (PDE)</i>	<i>Instrument (level)</i>	<i>Breakage Instrument failure – general Out of adjustment</i>	<i>Level fluctuation, level switch detected potential hazard, trip system</i>

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine contactor inlet into KO drum* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.2** Descision worksheet pada amine contactor inlet into KO drum

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
2	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test (inspection),
3	Y	N	Y	N	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test (inspection)
4	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring

#### 4.1.2 Mercury Removal System

##### a. Mercury Guard Beds

Fungsi *Mercury Guard Beds* (A/B) fungsinya adalah menghilangkan kandungan *mercury* atau raksa menggunakan pelarut *amine* hal ini dilakukan agar gas yang hendak diproses keproses berikutnya tidak menjadi penyebab terjadinya korosi pada bagian yang lain sehingga perlu dilakukan proses pelepasan *mercury* pada *sour gas* tersebut. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi peyebab terjadinya kegagalan dan jenis kegagalannya (lihat tabel 4.3)

**Tabel 4.3** Deskripsi FMEA *mercury guard beds*

Failure Modes (FM)		Maintainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1	Abnormal instrument reading (AIR)	Instrument (level, pressure), Internal power supply	Actuating device Control unit Instrument pressure Monitoring Piping, Valves	Over pressure on vessel and it can make vessel explosion
2	External leakage - Process medium (ELP)	Instrument (level), Piping, Subunit, Valve	Actuating device Instrument pressure, Piping Valves	Pressure drop and hazard detection for mercury filtering process, trip system , fire risk
3	Plugged/Chocked (PLU)	Valves	Control unit Sand trap system Valves	Pipeline and vessel have potency to exploding, needed a lot of energy to transfer sour gas
4	Parameter deviation (PDE)	Instrument (level)	Control unit Instrument pressure, Valves	Pressure fluctuation, trip mercury filter system

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *mercury guard beds* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.4** Descision worksheet pada mercury guard beds

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
2	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test (inspection),
3	Y	N	Y	N	N	Y	N	-	-	-	Retesting and calibrating periodically, replacing component
4	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring

b. Guard Beds Filter/Dust Filter

Fungsi Fungsi dari *dust filter* ini adalah menyaring kembali *hydrocyclone* yang masih terbawa oleh gas sehingga tidak menimbulkan *fouling* pada *equipment* yang dapat menyebabkan kerusakan sistem. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi peyebab terjadinya kegagalan dan jenis kegagalannya (lihat tabel 4.5)

**Tabel 4.5** Deskripsi FMEA guard beds filter

	Failure Modes (FM)	Maitainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1	Exteral leakage - Process medium (ELU)	Piping Valves	Leakage Wear	Pressure drop, environmental polution
2	Plugged/Chocked (PLU)	Amine trap system	Combied cause	Overload (over capacity gas on vessel), hazard potency
3	Structural deficiency (STD)	Subunit	Mechaical failure-general	Short lifetime, Trip system and Vessel explotion

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *guard beds filter* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.6** Descision worksheet pada guard beds filter

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
2	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Retesting and calibrating periodically
3	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test

### 4.1.3 Amine Contactor

Fungsi *Amine Contactor* adalah menyerap kandungan  $H_2S$  dalam gas menggunakan pelarut *amine*. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi peyebab terjadinya kegagalan dan jenis keagalannya (lihat tabel 4.7)

**Tabel 4.7** Deskripsi FMEA *amine contactor*

<i>Failure Modes (FM)</i>		<i>Maintainable Item</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Failure Effect</i>
1	Abnormal instrument reading (AIR)	Instrument level Instrument pressure Instrument temperature Instrument flow Internal power supply	Blockage/plugged Cavitation Contamination No signal/indication/alarm Out of adjustment	Fluctuating level, temperature and pressure that's indicating hazard, vessel explosion, trip system
2	External leakage - Process medium (ELP)	Instrument (level) Piping Valves	Faulty signal/indication/alarm Leakage Wear	Loss of sweet gas, fire and hazard potency, pressure drop that can be a reason for trip system
3	Parameter deviation (PDE)	Instrument (level)	Breakage Instrument failure - general Out of adjustment	Flow, level, pressure less then the minimum or maximum limit allowed, trip system
4	Structural deficiency (STD)	Body/shell Piping Valves	Cavitation Corrosion Leakage	Short lifetime, trip system and fire potency

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine contactor* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.8** Descision worksheet pada *amine contactor*

FM	<i>Consequence Evaluation</i>				<i>Proactive Task [H S O N]</i>			<i>Default Action</i>			<i>Action required</i>
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
2	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Cleaning, checking system, calibrating periodically, replacing component
3	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
4	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test

#### 4.1.4 Amine Overhead Gas KO Drum

Fungsi *Amine Overhead Gas KO Drum* adalah memisahkan *sweet gas* dengan *amine* yang ikut terbawa, jenis vessel yang digunakan pun berjenis flash drum sehingga mempermudah dalam memisahkan gas dan *amine*. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan dan jenis kegagalannya (lihat tabel 4.9)

**Tabel 4.9** Deskripsi FMEA *amine overhead gas ko drum*

Failure Modes (FM)		Maintainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1	Abnormal instrument reading (AIR)	Instrument level Ins. Pressure Ins. Temperature Valves	Blockage/plugged Cavitation, Control failure Corrosion Instrument failure - general Leakage, Out of adjustment Vibration	Fluctuating pressure, temperature and level on vessel amine overhead cooler, pressure drop, trip system
2	External leakage - Process medium (ELP)	Body/shell Piping Valves	Erosion Leakage Mechanical Failure - general Wear	Pressure drop, and trip system
3	Plugged/Choked (PLU)	Instrument level Piping Valves	Blockage/plugged Combined causes Misc. external influences Sticking	Pipeline and vessel have potency to exploding, needed a lot of energy to transfer sour gas
4	Structural Deficiency (STD)	Ins.temperature Piping Valves	Corrosion Mechanical Failure - general Vibration	Short lifetime, trip system and fire potency

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine overhead gas KO drum* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.10** Descision worksheet pada *amine overhead gas ko drum*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
2	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test
3	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Cleaning, checking system, calibrating periodically, replacing component
4	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test

#### 4.1.5 Amine Regeneration System

Unit ini terdiri dari beberapa komponen, berikut merupakan analisa kualitatif dari komponen tersebut :

##### a. Amine Flash Drum

Fungsi *amine flash drum* adalah memisahkan hidrokarbon dan *acid gas* seperti  $H_2S$  dan  $CO_2$  yang terlarut dalam *rich amine*. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan dan jenis keagalannya (lihat tabel 4.11)

**Tabel 4.11** Deskripsi FMEA *amine flash drum*

Failure Modes (FM)		Maintainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1	Abnormal instrument reading (AIR)	Instrument level Inst.pressure Inst. temperature Valves	Blockage/plugged Cavitation, Control failure Corrosion, Leakage Instrument failure - general Mechanical Failure - general Vibration	Fluctuating pressure, temperature and level on vessel amine flash drum, pressure drop, trip system
2	External leakage - Process medium (ELP)	Body/shell Piping Valves	Erosion Leakage Looseness Mechanical Failure - general	Pressure drop on amine flash drum, foaming at amine flash drum and $H_2S$ pollute the environment
3	Plugged/Choked (PLU)	Instrument level Piping Valves	Blockage/plugged Combined causes Mechanical Failure - general Sticking	Level minimum or maximum limit allowed, vessel or piping explosion potency
4	Structural deficiency (STD)	Inst. Temperature Piping Valves	Corrosion Instrument failure – general Leakage Mechanical Failure – general	Short lifetime, trip system and fire potency

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine flash drum* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.12** Decision worksheet pada *amine flash drum*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
2	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non destructive test
3	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Cleaning, checking system, calibrating periodically, replacing component
4	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Non destructive test



### b. Rich Amine Filter

Fungsi *rich amine filter* adalah menyaring *rich amine* yang ikut terbawa oleh *lean amine*. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan dan jenis kegagalannya (lihat tabel 4.13)

**Tabel 4.13** Deskripsi FMEA *rich amine filter*

Failure Modes (FM)	Maintainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1 External leakage - Process medium (ELP)	Piping Valves	Leakage Wear	Non destructive test
2 Plugged/Chocked (PLU)	Amine trap system	Combined causes Wear	Retesting and calibrating periodically, replacing component
3 Structural deficiency (STD)	subunit	Mechanical failure-general	Non destructive test

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *rich amine filter* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.14** Descision worksheet pada *rich amine filter*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non destructive test
2	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Non destructive test
3	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non destructive test

### c. Lean/Rich Amine Exchanger

Fungsi *lean/rich amine exchanger A/B* adalah menukar panas dari *hot lean amine* yang bertemperatur 120°C dengan *rich amine*, *rich amine* keluaran dari HE ini memiliki temperatur 94°C Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan dan jenis kegagalannya (lihat tabel 4.15)

**Tabel 4.15** Deskripsi FMEA *lean/rich amine exchanger*

Failure Modes (FM)	Maintainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1 External leakage - Process medium (ELP)	Body/shell Piping	Leakage Material failure – general	Lean amine and rich amine loss, risk potency and fire potency

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *lean/rich amine exchanger* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.16** *Descision worksheet* pada *lean/rich amine exchanger*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Non destructive test

#### d. Amine Regenerator

Komponen ini terdiri dari dua bagian yang bekerja secara bersamaan yaitu :

**Amine Regenerator**, Fungsi *amie regenerator* adalah memisahkan gas yang masih terbawa oleh larutan *amine* dengan menurunkan tekanannya dari 5 barg ke 0.55 barg. Ketika instrumen ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan dan jenis kegagalannya (lihat tabel 4.17)

**Tabel 4.17** Deskripsi FMEA *amine regenerator*

Failure Modes (FM)	Maintainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1 Abnormal instrument reading (AIR)	Heater Instrument flow Instrument level Instrument pressure Instrument temperature Piping Valves	Blockage/plugged Cavitation Control failure Corrosion Instrument failure - general Leakage Mechanical Failure - general Out of adjusment Vibration	fluctuation level, flow, temperature and pressure on the amine regenerator system it can make the system trip
2 External leakage - Process medium (ELP)	Body/shell Piping Valves	Erosion Leakage Looseness Mechanical Failure - general	Gas loss, and lean amine spread on vessel areas, The worst incident was a fire
3 Plugged/Choked (PLU)	Instrument level Piping Sand trap system, Valves	Instrument level Piping Trap system, Valves	Trip system and vessel explosion,
4 Structural deficiency (STD)	Instrument temperature Piping Valves	Inst.temperature Piping Valves	Short lifetime, trip system and fire potency

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine regenerator* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.18** *Descision worksheet pada amine regenerator*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Inconditional monitoring
2	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Non destructive test
3	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Retesting and calibrating periodically, replacing component
4	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test

**Amine Reboiler**, Fungsi *amie reboiler* adalah menaikkan temperatur dibawah *amine regenerator* dan memanaskan ulang *rich amine* sampai temperatur bagian bawah *amine regenerator* sebesar 120°C dan temperatur pada bagian atas *amine regenerator* sebesar 90-98°C, sehingga terjadi perbedaan tekanan antara *rich amine* yang masuk ke *amine regenerator* dengan tekanan didalam *vessel amine regenerator*. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi peyebab terjadinya kegagalan dan jenis keagalannya (lihat tabel 4.19)

**Tabel 4.19** Deskripsi FMEA *amine reboiler*

Failure Modes (FM)		Maitainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1	Abnormal instrument reading (AIR)	Control unit Instrument level Wiring	Control failure Corrosion Electrical failure - genera Faulty signal/indication/alarm Instrument failure - general	fluctuation level of steam and condensate from BFW (boiler feed water) on vessel amine reboiler, trip system, overheating on amine regenerator
2	Overheating (OHE)	Wiring	Electrical failure-general	Over pressure and lean amine evaporated and thrown into the air.

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine reboiler* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.20** Descision worksheet pada amine reboiler

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
2	Y	N	Y	N	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring

**e. Hot Lean Amine Pump**

Fungsi *hot lean amine pump* memompa *lean amine* yang keluar dari *amine regenerator* menuju *lean/rich amine exchanger* selain itu proses pemompaan juga dapat menaikkan tekanan pada *lean amine* tersebut. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan dan jenis keagalannya (lihat tabel 4.21)

**Tabel 4.21** Deskripsi FMEA *hot lean amine pump*

Failure Modes (FM)		Maitainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1	Breakdown (BRD)	Casing Gearbox/Var Drive Seals Thrust Bearing	Cavitation Mechanical Failure/general Misc External Influence Overheating	Lean amine from amine regenerator spread on pump area, and risk potency for worker
2	High output (HIL)	Filter	Instrument failure-general Mechanical Failure/General	Pump overheating, it can make short lifetime and damage potency
3	Internal leakage (INL)	Filter Instrument flow Seals Valves	Contamination Corrosion Leakage Mechanical Failure/general	Pressure drop and foaming on the process filtering.
4	Low output (LOO)	Control Unit Piping Seals	Blockage/plugged Instrument Failure/General Mechanical Failure/general Wear Out	Pump trip, and it can make misalignment and make pump over working and over heat
5	Structural deficiency (STD)	Casing, Control Unit Coupling to driven unit Coupling to driver Filter, Gearbox/Var Drive Instrument, Pressure Piping, Thrust Bearing	Blockage/plugged Clearance/alignment failure Corrosion, Leakage Material Failure/General Mechanical Failure/general Vibration	Short lifetime, trip system and fire potency
6	Vibration (VIB)	Bearing Impeller Instrument vibration Radial bearing Shaft, Thrust bearing	Breakage Clearance/alignment failure Mechanical failure-general Out of adjusment Vibration, Wear	Structural deficiency of pump, and trip system, turbulence flow, fire potention

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *hot lean amine pump* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.22** Descision worksheet pada *hot lean amine pump*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Check system, repair and replacing component
2	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Inconditional monitoring
3	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Inconditional monitoring
4	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test
5	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test
6	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test

**f. Lean Amine Air Cooler**

Fungsi *lean amine air cooler* adalah menurunkan temperatur lean amine sebelum masuk ke *amine filter*. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi peyebab terjadinya kegagalan dan jenis keagalannya (lihat tabel 4.23)

**Tabel 4.23** Deskripsi FMEA *lean amine air cooler*

Failure Modes (FM)	Maitainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1 External leakage - Process medium (ELP)	Body/shell	Breakage Cavitation Leakage Corossion	Lean amine separated in previous processed loss and spread around lean amine air cooler, risk potency and fire potency
2 Insufficient heat transfer (IHT)	Control unit Fan	Breakage, Looseness Electrical failure - general Mechanical Failure - general Out of adjustment, Wear	Pressure drop, trip system and fire potency
3 Parameter deviation (PDE)	Fan Instrument (flow) Wiring	Control failure Electrical failure - general Mechanical Failure - general Vibration, Wear	Flow and pressure less then the minimum or maximum limit allowed, trip system
4 Abnormal instrument reading (AIR)	Control unit Fan Instrument (general) Monitoring Wiring	Control failure Electrical failure - general Faulty signal/indication/alarm Instrument failure - general	Temperature fluctuation on amine filter system, risk potency

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *lean amine air cooler* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.24** *Descision worksheet pada lean amine flash drum*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Non destructive test
2	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
3	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
4	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Non destructive test and replacing compoent

#### g. Amine Mechanical Filter

Fungsi *amine mechanical filter* adalah menyaring partikel-partikel yang berada di dalam *lean amine* sebelum masuk ke *amine carbon filter*. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan dan jenis kegagalannya (lihat tabel 4.25)

**Tabel 4.25** Deskripsi FMEA *amine mechanical filter*

Failure Modes (FM)		Maitainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1	External leakage - Process medium (ELP)	Piping Valves	Leakage Wear	Lean amine spread on area, risk potency and fire potency
2	Plugged/Choked (PLU)	Trap system	Combined causes	Trip system and vessel explosion,
3	Structural deficiency (STD)	Subuit	Mechanical failure general	Short lifetime, trip system and fire potency

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine mechanical filter* adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.26** *Descision worksheet pada amine mechanical filter*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
2	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Retesting and calibrating periodically, replacing component
3	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test

### h. Amine Carbon Filter

Fungsi *amine carbon filter* adalah menghilangkan sisa hidrokarbon, dekomposisi produk *amine* atau kontaminan lain yang terdapat pada larutan *lean amine*, kontaminan yang biasanya terdapat dalam larutan *lean amine* yaitu *surface active*, inhibitor korosi pipa dan *well-treating chemical* yang biasanya menjadi penyebab terjadinya *foaming*. Namun hanya akan dioperasikan apabila terjadi *foaming* saja karena apabila dioperasikan secara terus-menerus *carbon filter* yang terdapat dalam unit akan cepat jenuh. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan dan jenis kegagalannya (lihat tabel 4.27)

**Tabel 4.27** Deskripsi FMEA *amine carbon filter*

Failure Modes (FM)		Maintainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1	Abnormal instrument reading (AIR)	Piping Valves	Cavitation Corrosion Deformation Leakage	Pressure detecting fluctuation on amine filter system, risk potency
2	External leakage - Process medium (ELP)	Body/shell Piping	Mechanical failure general	Fire potency, and pollution

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine carbon filter* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.28** Descision worksheet pada *amine carbon filter*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Non destructive test and replacing compoent
2	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test

### i. Solvent Filter

Fungsi adalah menangkap pecahan-pecahan karbon dari unit *amine carbon filter*. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai

fungsiya ada beberapa hal yang menjadi peyebab terjadinya kegagalan dan jenis keagalannya (lihat tabel 4.29)

**Tabel 4.29** Deskripsi FMEA *solvent filter*

<i>Failure Modes (FM)</i>		<i>Maintainable Item</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Failure Effect</i>
1	<i>External leakage - Process medium (ELP)</i>	<i>Piping Valves</i>	<i>Leakage Wear</i>	<i>Fire potency, and pollution</i>
2	<i>Plugged/Choked (PLU)</i>	<i>Sand trap system</i>	<i>Combined causes</i>	<i>Trip system and vessel explosion,</i>

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *solvent filter* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.30** Descision worksheet pada *solvent filter*

FM	<i>Consequence Evaluation</i>				<i>Proactive Task [H S O N]</i>			<i>Default Action</i>			<i>Action required</i>
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	<i>Non distructive test</i>
2	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	<i>Retesting and calibrating periodically, replacing component</i>

#### j. *Amine Surge Vessel*

Fungsi *amine surge vessel* adalah menyimpan *lean amine* yang telah diregenerasi dan juga menjamin *lean amine* untuk *amine contactor* 135-V-06 tercukupi. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi peyebab terjadinya kegagalan dan jenis keagalannya (lihat tabel 4.31)

**Tabel 4.31** Deskripsi FMEA *amine surge vessel*

<i>Failure Modes (FM)</i>	<i>Maintainable Item</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Failure Effect</i>
1 <i>Abnormal instrument reading (AIR)</i>	<i>Instrument level Instrument pressure Instrument temperature</i>	<i>Control failure Faulty signal/indication/alarm No signal/indication/alarm Out of adjusment</i>	<i>fluctuation level, temperature and pressure on the amine surge vessel it can make the system trip</i>
2 <i>Parameter Defiation (PDE)</i>	<i>Instrument (level)</i>	<i>Instrument failure - general No cause found</i>	<i>Pressure less then the minimum or maximum limit allowed, trip system</i>
3 <i>Structural deficiency (STD)</i>	<i>Body/shell Valves</i>	<i>Cavitation Corrosion</i>	<i>Short lifetime, trip system and fire potency</i>



Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine surge vessel* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.32** Descision worksheet pada *amine surge vessel*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Inconditional monitoring
2	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
3	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test

#### k. *Amine Regenerator Overhead Cooler*

Fungsi *amine regenerator overhead cooler* adalah mendinginkan *lean amine* keluar dari *amine regenerator* guna merubah fasa gas ketika masuk ke *amine reflux drum*. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi peyebab terjadinya kegagalan dan jenis keagalannya (lihat tabel 4.33)

**Tabel 4.33** Deskripsi FMEA *amine regenerator overhead cooler*

Failure Modes (FM)	Maitainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1 External leakage - Process medium (ELP)	Body/shell	Leakage Material failure - general	H <sub>2</sub> S which has been separated in previous processed loss and spread around regenerator overhead cooler, risk potency and fire potency
2 Insufficient heat transfer (IHT)	Control unit Fan	Breakage, Looseness Electrical failure - general Mechanical Failure - general Out of adjustment, Wear	Pressure drop, trip system and fire potency
3 Parameter deviation (PDE)	Fan Instrument (flow) Wiring	Control failure Electrical failure - general Mechanical Failure - general Vibration, Wear	Pressure and flow less then the minimum or maximum limit allowed, trip system
4 Abnormal instrument reading (AIR)	Control unit Fan Instrument (general) Monitoring Wiring	Control failure Electrical failure - general Faulty signal/indication/alarm Instrument failure - general	Temperature fluctuation on amine reflux drum, and lean amine loss or discard to the flare system

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine regenerator overhead cooler* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.34** *Descision worksheet pada amine regenerator overhead cooler*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Non destructive test
2	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
3	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
4	Y	N	N	Y	N	Y	N	-	-	-	Non destructive test and replacing compoent

### 1. Amine Reflux Drum

Fungsi *amine reflux drum* memisahkan gas asam yang tidak terkondensasi dari air atau uap hidrokarbon yang keluar dari *Amine Regenerator Overhead Cooler 135-H-05*. Selanjutnya, unit ini akan mengalirkan kembali *liquid* yang terkumpul kembali menuju *Amine Regenerator 135-V-07* sebagai reflux. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan dan jenis kegagalannya (lihat tabel 4.35)

**Tabel 4.35** Deskripsi FMEA *amine reflux drum*

Failure Modes (FM)	Maitainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1 Abnormal instrument reading (AIR)	Actuating device Control unit Instrument level Ins. pressure Piping, Valves Wiring	Blockage/plugged Breakage, Contaminantion Control failure Corrosion, Leakage Out of adjusment Sticking, Vibration	Fluctuation level, flow, temperature and pressure on the amine reflux drum it can make the system trip
2 External leakage - Process medium (ELP)	Actuating device Instrument level Ins. pressure Piping, Valves	Blockage/plugged Breakage, Wear Corrosion, Erosion Leakage, Looseness	Lean amine loss and spead around reflux drum, risk potency and fire potency
3 Plugged/Chocked (PLU)	Control unit Sand trap system Valves	Blockage/plugged Breakage Corrosion, Sticking, Wear	Trip system and vessel explosion,
4 Parameter deficiency (PDE)	Actuating device Control unit Instrument (general) Valves	Blockage/plugged Breakage, Control failure Erosion Out of adjustment, Wear	Pressure less then the minimum or maximum limit allowed, trip system

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine reflux drum* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.36** *Descision worksheet pada amine reflux drum*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Inconditional monitoring
2	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Non destructive test
3	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Retesting and calibrating periodically, replacing component
4	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring

### m. Amine Reflux Pumps

Fungsi *amie reflux pumps* adalah memompa kondensat yang terkumpul dibagian dasar unit *amine reflux drum* untuk dikirim kembali ke *amine regenerator* sebagai reflux. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi peyebab terjadinya kegagalan dan jenis kegagalannya (lihat tabel 4.37)

**Tabel 4.37** Deskripsi FMEA *amine reflux pumps*

Failure Modes (FM)		Maintainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1	Breakdown (BRD)	Casing Gearbox/Var Drive, Seals Thrust Bearing	Cavitation Mechanical Failure/general Misc External Influence Overheating	Lean amine from amine reflux drum spread on pump area, and risk potency for worker
2	High output (HIO)	Filter	Instrument failure-general Mechanical Failure/General	Pump overheating, it can make short lifetime and damage potency
3	Internal leakage (INL)	Filter Instrument flow	Contamination Corrosion	Pressure drop and foaming on the process filtering.
4	Low output (LOO)	Seals Valves	Blockage/plugged Instrument Failure/General Mechanical Failure/general Wear Out	Pump trip, and it can make misalignment and make pump over working and over heat
5	Structural deficiency (STD)	Casing, Cooler Coupling to driver Filter, Piping	Blockage/plugged Clearance/allignment failure Corrosion, Leakage Material Failure/General	Short lifetime, trip system and fire potency

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine reflux pumps* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.38** *Descision worksheet pada amine reflux pumps*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Check system, repair and replacing component
2	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Inconditional monitoring
3	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Inconditional monitoring
4	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test
5	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test

#### n. *Lean Amine Pumps*

Fungsi *lean amine pumps* adalah memompa *lean amine* dari *amine surge vessel* dan membantu memenuhi kebutuhan *lean amine* untuk *amine contactor*. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan dan jenis keagalannya (lihat tabel 4.39)

**Tabel 4.39** Deskripsi FMEA *lean amine pumps*

	Failure Modes (FM)	Maintainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1	Breakdown (BRD)	Casing Gearbox/Var Drive Seals Support Thrust Bearing	Breakage Cavitation Combined Cause Mechanical Failure/general Misc External Influence Overheating	Lean amine from amine surge vessel spread on pump area, and risk potency for worker
2	External leakage - Process medium (ELP)	Bearing, Casing Check Valve Instrument, Pressure Piping, Seals Valves	Breakage, Cavitation Clearance/allignment failure Corrosion Leakage, Looseness Wear Out	Fire potency, trip system, risk potency, pump explotion
3	Structural deficiency (STD)	Casing, Control Unit Cooler Coupling to driven unit Coupling to driver, Filter Gearbox/Var Drive impeler, Instrument, Pressure Piping, Thrust Bearing	Blockage/plugged Clearance/allignment failure Corrosion Leakage Material Failure/General Mechanical Failure/general Vibration	Short lifetime, trip system and fire potency

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine flash drum* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.40** *Descision worksheet pada lean amine pumps*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Incondition monitoring
2	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test
3	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Cleaning, checking system, calibrating periodically, replacing component

#### **o. Amine Drain Vessel**

Fungsi *amine drain vessel* adalah menyimpan *lean amine* yang berhasil diregenerasi, sebagai tempat menyimpan suplai kebutuhan *lean amine* pada *H<sub>2</sub>S removal system*. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi peyebab terjadinya kegagalan dan jenis keagalannya (lihat tabel 4.41)

**Tabel 4.41** Deskripsi FMEA *amine drain vessel*

Failure Modes (FM)		Maitainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1	Abnormal instrument reading (AIR)	Control unit, Heater Instrument (flow, general level, pressure, temperature) Piping, Valves, Wiring	Blockage/plugged Breakage, Cavitation Corrosion, Deformation Leakage Mechanical Failure - general	fluctuation level and pressure on the amine drain vessel it can make the system trip
2	External leakage - Process medium (ELP)	Actuating device Body/shell, Heater Instrument (level, pressure) Piping, Valves	Breakage, Corrosion Erosion, Fatigue Leakage, Looseness Mechanical Failure - general Wear	Fire, pressure drop, environmental polution
3	Plugged/Chocked (PLU)	Instrument (level) Piping Sand trap system Valves	Blockage/plugged Breakage, Contamination Instrument failure - general Mechanical Failure - general	Trip system and vessel explosion,
4	Structural deficiency (STD)	Body/shell Instrument (general, temperature) Piping Valves	Cavitation, Corrosion Deformation Instrument failure - general Leakagegeneral Mechanical Failure - general	Short lifetime, trip system and fire potency

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine drain vessel* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.42** *Descision worksheet pada amine drain vessel*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Inconditional monitoring
2	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test (inspection),
3	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Retesting and calibrating periodically, replacing component
4	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test

#### p. Amine Drain Vessel Pump

Fungsi *amine drain vessel pump* adalah memompa *lean amine* yang berhasil diregenerasi, kemudian dikirim ke *amine surge vessel* sebagai suplai kebutuhan *lean amine* pada *H<sub>2</sub>S removal system*. Ketika instrument ini tidak berjalan sesuai fungsinya ada beberapa hal yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan dan jenis kegagalannya (lihat tabel 4.43)

**Tabel 4.43** Deskripsi FMEA *amine drain vessel pumps*

Failure Modes (FM)		Maintainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1	Breakdown (BRD)	Casing Gearbox/Var Drive Seals Thrust Bearing	Cavitation Mechanical Failure/general Misc External Influence Overheating	Lean amine from amine drain vessel spread on pump area, and risk potency for worker
2	High output (HIO)	Filter	Instrument failure-general Mechanical Failure/General	Pump overheating, it can make short lifetime and damage potency
3	Internal leakage (INL)	Filter Instrument flow Seals, Valves	Contamination Corrosion, Leakage Mechanical Failure/general	Pressure drop and foaming on next process and turbulent flow.
4	Low output (LOO)	Control Unit Piping Seals	Blockage/plugged Instrument Failure/General Mechanical Failure/general Wear Out	Pump trip, and it can make misalignment and make pump over working and over heat
5	Structural deficiency (STD)	Control Unit, Cooler Coupling to driven unit Coupling to driver, Filter, Gearbox/Var Drive, impeler Instrument, Pressure	Blockage/plugged Clearance/allignment failure Corrosion, Leakage Material Failure/General Mechanical Failure/general Vibration	Short lifetime, trip system and fire potency

Ketika kegagalan terjadi maka dampak yang ditimbulkan pada *amine drain vessel pumps* dan tindakan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.44** *Descision worksheet pada amine drain vessel pumps*

FM	Consequence Evaluation				Proactive Task [H S O N]			Default Action			Action required
	H	S	E	O	[1]	[2]	[3]	H4	H5	S4	
1	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Check system, repair and replacing component
2	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Inconditional monitoring
3	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Inconditional monitoring
4	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test
5	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Non distructive test

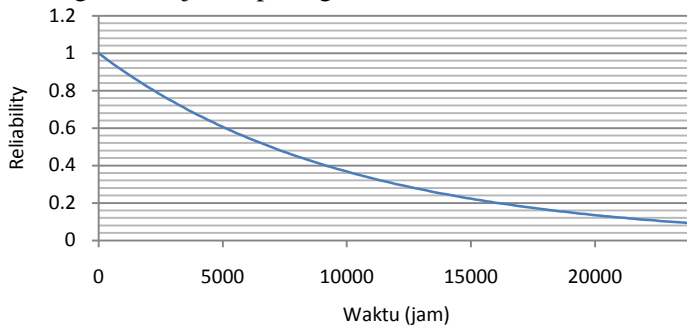
## 4.2 Analisa Kuantitatif

Analisa kuantitatif digunakan untuk mendapatkan nilai kehandalan komponen penyusun sistem, dengan terlebih dahulu mengetahui nilai TTF (*time to failure*), TTR (*time to repair*), serta distribusi data untuk mendapatkan parameter yang kemudian dimasukan kedalam persamaan distribusi tertentu untuk mendapatkan nilai kehandalan masing-masing komponen. Perhitungan nilai kehandalan berdasarkan parameter yang didapatkan dari data TTF (*time to failure*) sedangkan untuk *maintainability* berdasarkan pada parameter yang didapatkann dari data TTR (*time to repair*). evaluasi kehandalan terhadap komponen penyusun *H<sub>2</sub>S Removal System* bertujuan untuk mengetahui komponen kritis dan mendapatkan jadwal perawatan yang optimal.

### 4.2.1 Evaluasi Kehandalan *Amine Contactor Inlet Into KO Drum*

Dari data *maintenance* pada *amine contactor inlet ko drum* (lampiran A.1), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi eksponensial dengan parameter  $\lambda=0,0001$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui

kehandalan komponen dalam interval waktu ( $t$ ). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.1 berikut :



**Gambar 4.1** Kehandalan *amine contactor inlet ko drum*

Dari gambar 4.1 kehandalan *amine contactor inlet KO drum* akan menurun sampai 65% saat mencapai 4300 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine contactor inlet KO drum* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 4300 jam operasi adalah 0,87 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.1.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *weibull 2* dengan parameter  $\beta=0,577$  dan  $\eta=1401,585$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.20 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *amine contactor inlet KO drum* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 4300 jam operasi adalah 0,85. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.1.

#### 4.2.2 Evaluasi Kehandalan *Mercury Removal System*

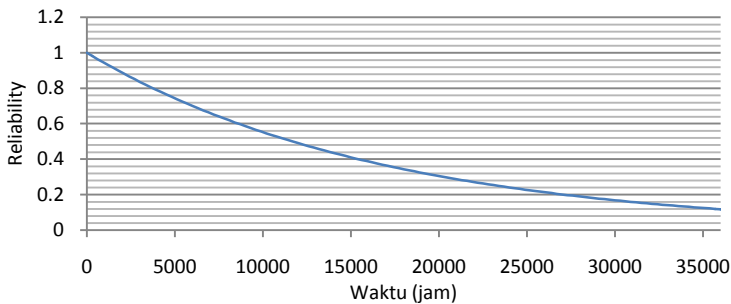
*Mercury removal system* terdapat dua komponen yaitu *mercury guard beds* dan *guard beds filter/dust filter*. Evaluasi kehadalan komponen ini adalah sebagai berikut :

##### a. *Mercury Guard Beds (A/B)*

Dari data *maintenance* pada (lampiran A.1), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi *exponensial* dengan parameter  $\lambda=0,000059241$



kemudian parameter tersebut dimasukkan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu (t). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.2 berikut ini :



**Gambar 4.2** Kehandalan *mercury guard beds*

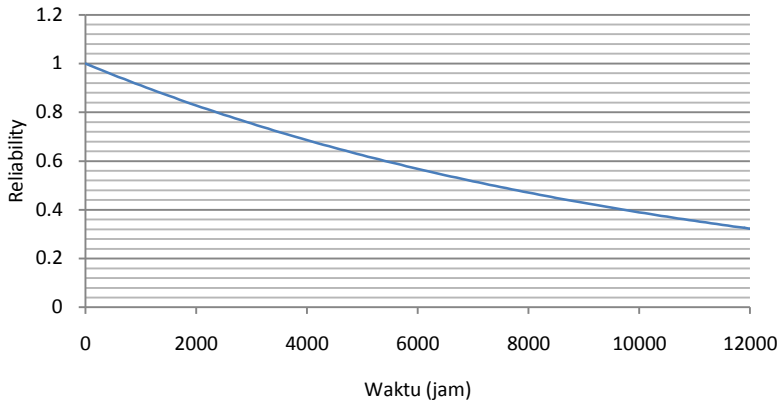
Dari gambar 4.2 kehandalan *mercury guard beds* akan menurun sampai 65% saat mencapai 7250 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *mercury guard beds* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu (t) dari unit ini, nilai *availability* pada 7250 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.2.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi eksponensial dengan parameter  $\lambda=0,0417$  kemudian dimasukkan kedalam persamaan 2.21 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *mercury guard beds* dengan interval waktu (t), didapatkan nilai *maintainability* pada 7250 jam operasi adalah 1. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran B.2.

#### **b. Guard Beds Filter/Dust Filter (A/B)**

Terdapat dua buah *guard beds filter* dalam *mercury removal system* dan dari data *maintenance* pada (lampiran A.1), untuk **dust filter A** didapatkan jenis distribusi data, dari waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi eksponensial dengan parameter  $\lambda=0,000094296$  kemudian parameter tersebut dimasukkan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui

kehandalan komponen dalam interval waktu (t). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.3 berikut ini

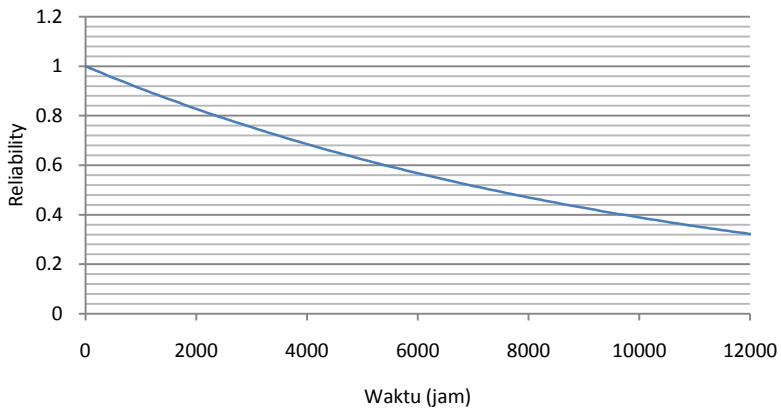


**Gambar 4.3** Kehandalan *dust filter A*

Dari gambar 4.3 kehandalan *dust filter A* akan menurun sampai 65% saat mencapai 4560 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *dust filter A* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu (t) dari unit ini, nilai *availability* pada 4560 jam operasi adalah 0,97 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.3.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi weibull 3 dengan parameter  $\beta=0,5252$ ;  $\eta=210,0559$  dan  $\gamma=20,2$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.22 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *dust filter A* dengan interval waktu (t), didapatkan nilai *maintainability* pada 4560 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran B.3.

Dari lampiran A.2 untuk *dust filter B* didapatkan jenis distribusi data, dari waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi weibull 2 dengan parameter  $\beta=0,9767$  dan  $\eta=16669$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.12 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu (t). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut ini



**Gambar 4.4** Kehandalan *dust filter B*

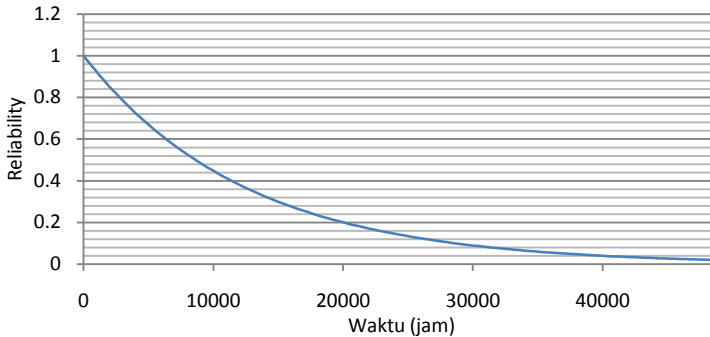
Dari gambar 4.4 kehandalan *dust filter B* akan menurun sampai 65% saat mencapai 7030 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *dust filter B* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu (t) dari unit ini, nilai *availability* pada 7030 jam operasi adalah 0,98 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.4.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi weibull 3 dengan parameter  $\beta=0,4002$ ;  $\eta=97,5987$  dan  $\gamma=46,78$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.22 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *dust filter B* dengan interval waktu (t), didapatkan nilai *maintainability* pada 7030 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran B.4.

#### 4.2.3 Evaluasi Kehandalan *Amine Contactor*

Dari data *maintenance* pada *amine contactor* (lampiran A.2), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi eksponensial dengan parameter  $\lambda=0,000080303$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam

interval waktu (t). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.5 berikut :



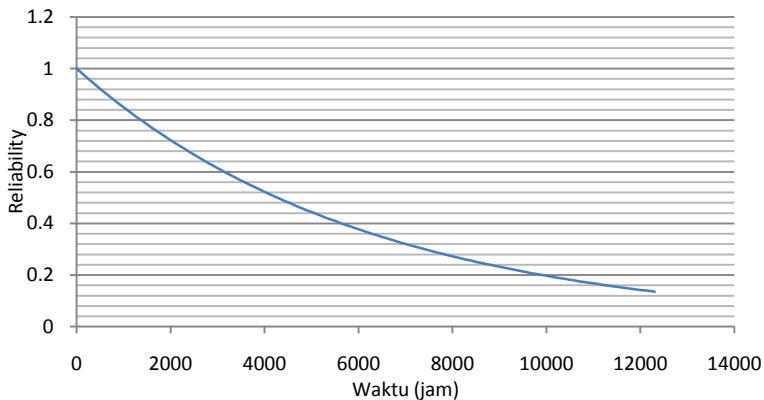
**Gambar 4.5** Kehandalan *amine contactor*

Dari gambar 4.5 kehandalan *amine contactor* akan menurun sampai 65% saat mencapai 5350 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine contactor* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu (t), nilai *availability* pada 5350 jam operasi adalah 0,96 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.5.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *weibull* 3 dengan parameter  $\beta=0,4744$ ;  $\eta=391,5058$  dan  $\gamma=17,92$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.20 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *amine contactor* dengan interval waktu (t), didapatkan nilai *maintainability* pada 5350 jam operasi adalah 0,97. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran B.5.

#### 4.2.4 Evaluasi Kehandalan *Amine Overhead Gas KO Drum*

*Amine overhead gas KO drum* memiliki distribusi kegagalan (TTF) dan (TTR) distribusi *exponensial* dengan parameter  $\lambda=0,00016251$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu (t). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.6 berikut :



**Gambar 4.6** Kehandalan *amine overhead gas KO drum*

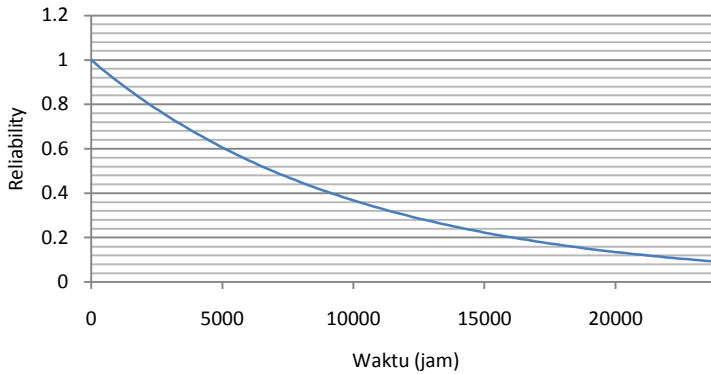
Dari gambar 4.6 kehandalan *amine contactor* akan menurun sampai 65% saat mencapai 2650 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine overhead gas KO drum* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 2650 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.6. Sedangkan nilai *maintainability* pada 2650 jam operasi adalah 1. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.6.

#### 4.2.5 Evaluasi Kehandalan *Amine Regeneration System*

*Amine regeneration system* terdiri dari beberapa komponen. Evaluasi kehandalan komponen *amine regeneration system* adalah sebagai berikut :

##### a. *Amine Flash Drum*

Dari data *maintenance* pada *amine flash drum* (lampiran A.2), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi eksponensial dengan parameter  $\lambda=0,0001$  kemudian parameter tersebut dimasukkan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu ( $t$ ). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.7 berikut :



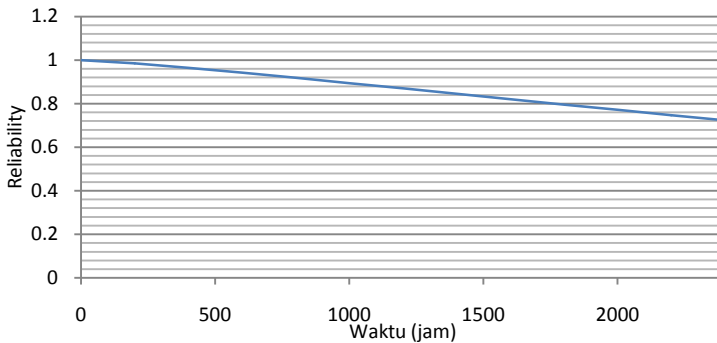
**Gambar 4.7** Kehandalan *amine flash drum*

Dari gambar 4.7 kehandalan *amine flash drum* akan menurun sampai 65% saat mencapai 4300 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine flash drum* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 4300 jam operasi adalah 0,97 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.7.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *weibull 2* dengan parameter  $\beta=0,9196$  dan  $\eta=293,6419$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.20 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *amine flash drum* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 4300 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.7.

#### **b. Rich Amine Filter**

Dari data *maintenance* pada *rich amine filter* (lampiran A.3), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi *weibull 2* dengan parameter  $\beta=1,2189$  dan  $\eta=6046,1$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.12 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu ( $t$ ). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.8 berikut :



**Gambar 4.8** Kehandalan *rich amine filter*

Dari gambar 4.8 kehandalan *rich amine filter* akan menurun sampai 65% saat mencapai 3030 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *rich amine filter* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 3030 jam operasi adalah 0,95 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.8.

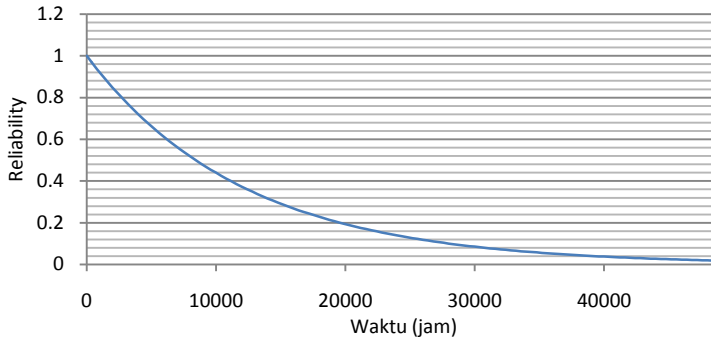
Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *weibull 3* dengan parameter  $\beta=0,5733$ ;  $\eta=214,5654$  dan  $\gamma=20,2$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.20 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *rich amine filter* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 3030 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.8.

### c. *Lean/Rich Amine Exchanger*

Komponen ini terdiri dari dua bagian yang bekerja secara bergantian yaitu :

***Lean/Rich Amine Exchanger A***, dari data *maintenance* pada *lean/rich amine exchanger A* (lampiran A.3), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi *expoensial* dengan parameter  $\lambda=0,000082228$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.15

untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu (t). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.9 berikut :



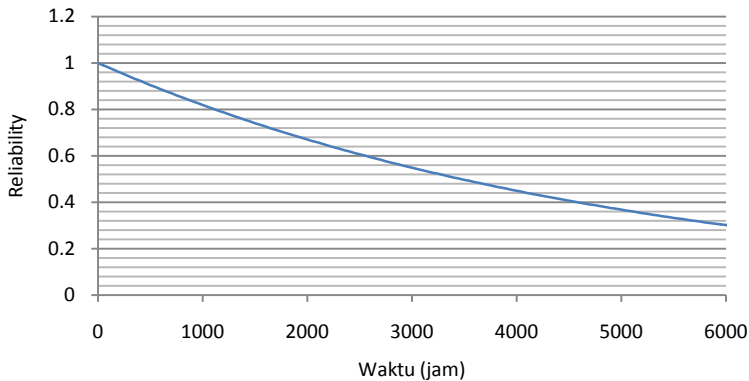
**Gambar 4.9** Kehandalan *lean/rich amine exchanger A*

Dari gambar 4.9 kehandalan *lean/rich amine exchanger A* akan menurun sampai 65% saat mencapai 5230 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *lean/rich amine exchanger A* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu (t), nilai *availability* pada 5230 jam operasi adalah 0,98 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.9.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *weibull 3* dengan parameter  $\beta=0,4724$ ;  $\eta=105,0057$  dan  $\gamma=22,48$  kemudian dimasukkan kedalam persamaan 2.20 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *lean/rich amine exchanger* dengan interval waktu (t), didapatkan nilai *maintainability* pada 5230 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran B.9.

***Lean/Rich Amine Exchanger B***, dari data *maintenance* pada *lean/rich amine exchanger B* (lampiran A.3), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi *expoensial* dengan parameter  $\lambda=0,0002$  kemudian parameter tersebut dimasukkan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu (t). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.10 berikut :





**Gambar 4.10** Kehandalan *lean/rich amine exchanger B*

Dari gambar 4.10 kehandalan *lean/rich amine exchanger B* akan menurun sampai 65% saat mencapai 2150 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *lean/rich amine exchanger B* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 2150 jam operasi adalah 0,97 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.10.

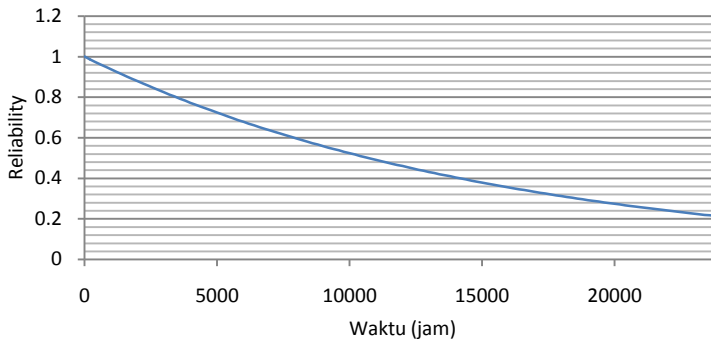
Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *weibull 3* dengan parameter  $\beta=0,2866$ ;  $\eta=16,6572$  dan  $\gamma=23,74$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.20 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *lean/rich amine exchanger B* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 2150 jam operasi adalah 0,98. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.10.

#### **d. Amine Regenerator**

Komponen ini terdiri dari dua bagian yang bekerja secara bersamaan yaitu :

**Amine Regenerator**, dari data *maintenance* pada *amine regenerator* (lampiran A.4), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi expoensial dengan parameter  $\lambda=0,000064679$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui

kehandalan komponen dalam interval waktu ( $t$ ). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.11 berikut :

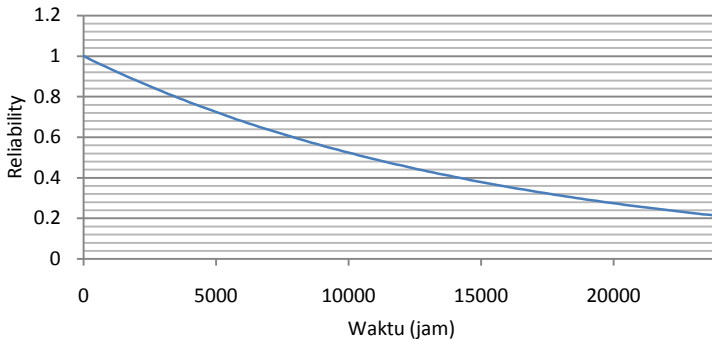


**Gambar 4.11** Kehandalan *amine regenerator*

Dari gambar 4.11 kehandalan *amine regenerator* akan menurun sampai 65% saat mencapai 6650 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine regenerator* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 6650 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.11.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal juga distribusi expoensial dengan parameter  $\lambda=0,0212$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.21 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *amine regenerator* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 6650 jam operasi adalah 1. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.11

**Amine Reboiler**, dari data *maintenance* pada *amine reboiler* (lampiran A.4), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi weibull 2 dengan parameter  $\beta=3,3222$  dan  $\eta=10830$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.12 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu ( $t$ ). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.12 berikut :



**Gambar 4.12** Kehandalan *amine reboiler*

Dari gambar 4.12 kehandalan *amine reboiler* akan menurun sampai 65% saat mencapai 8400 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine reboiler* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 8400 jam operasi adalah 0,98 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.12.

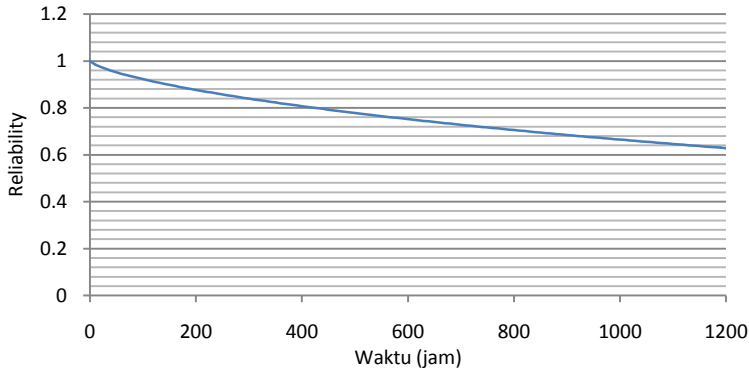
Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal juga distribusi expoensial 2 dengan parameter  $\lambda=0,0052$  dan  $\gamma=-54,923$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.21 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *amine reboiler* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 8400 jam operasi adalah 1. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.12.

#### **e. Hot Lean Amine Pump**

Komponen ini terdiri dari dua bagian yang bekerja secara bergantian yaitu :

**Hot Lean Amine Pump A**, dari data *maintenance* pada *hot lean amine pump A* (lampiran A.4), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi weibull 2 dengan parameter  $\beta=0,7049$  dan  $\eta=3567,725$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.12 untuk

mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu (t). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.13 berikut :

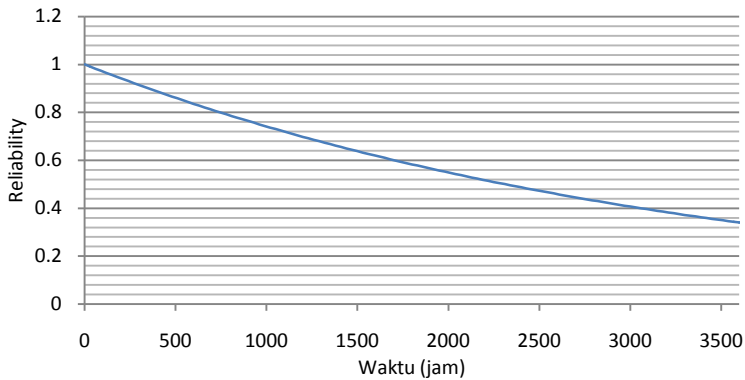


**Gambar 4.13** Kehandalan *hot lean amine pump A*

Dari gambar 4.13 kehandalan *hot lean amine pump A* akan menurun sampai 65% saat mencapai 1080 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *hot lean amine pump A* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu (t) , nilai *availability* pada 1080 jam operasi adalah 0,96 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.13.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal juga distribusi lognormal dengan parameter  $\mu=4,4958$  dan  $\sigma=0,7626$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.19 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *hot lean amine pump A* dengan interval waktu (t), didapatkan nilai *maintainability* pada 1080 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran B.13.

**Hot Lean Amine Pump B**, dari data *maintenance* pada *hot lean amine pump B* (lampiran A.5), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi eksponensial dengan parameter  $\lambda=0,0003$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu (t). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.14 berikut :



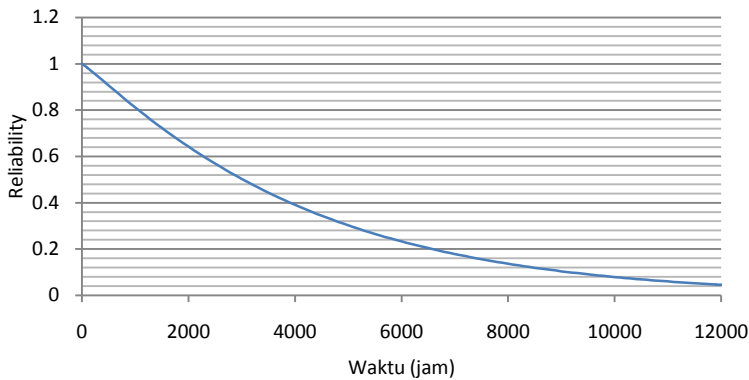
**Gambar 4.14** Kehandalan *hot lean amine pump B*

Dari gambar 4.14 kehandalan *hot lean amine pump B* akan menurun sampai 65% saat mencapai 1435 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *hot lean amine pump B* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 1435 jam operasi adalah 0,94 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.14

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal juga distribusi weibull 3 dengan parameter  $\beta=0,5588$  dan  $\eta=115,763$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.20 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *hot lean amine pump B* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 1435 jam operasi adalah 0,98. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.14.

#### **f. Lean Amine Air Cooler**

Dari data *maintenance* pada *lean amine air cooler* (lampiran A5), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu akegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi weibull 2 dengan parameter  $\beta=1,0831$  dan  $\eta=4239,747$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.12 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu ( $t$ ). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.15 berikut :



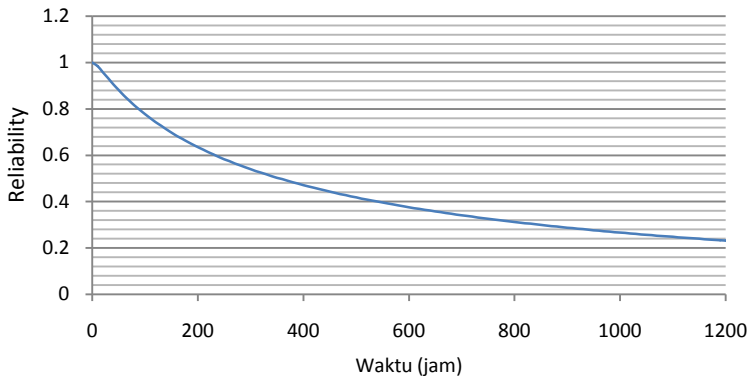
**Gambar 4.15** Kehandalan *lean amine air cooler*

Dari gambar 4.15 kehandalan *lean amine air cooler* akan menurun sampai 65% saat mencapai 1945 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *lean amine air cooler* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 1945 jam operasi adalah 0,83 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.15.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *lognormal* dengan parameter  $\mu=4,4226$  dan  $\sigma=1,4879$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.19 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *lean amine air cooler* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 1945 jam operasi adalah 0,98. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.15.

#### **g. Amine Mechanical Filter**

Dari data *maintenance* pada *amine mechanical filter* (lampiran A.6), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi *lognormal* dengan parameter  $\mu=5,9215$  dan  $\sigma=1,6351$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.9 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu hasilnya ditunjukkan pada gambar 4.16 berikut :



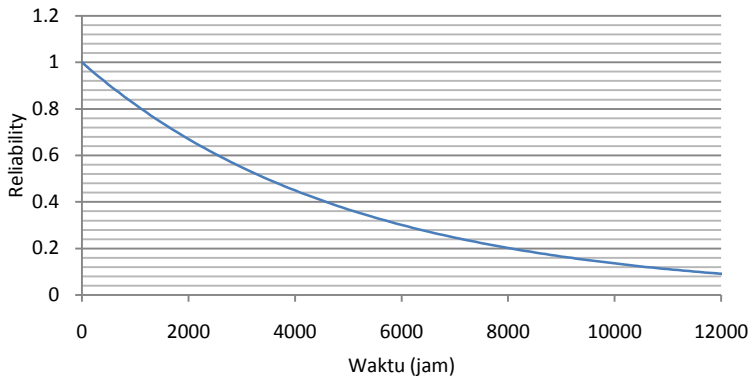
**Gambar 4.16** Kehandalan *amine mechanical filter*

Dari gambar 4.16 kehandalan *amine mechanical filter* akan menurun sampai 65% saat mencapai 186 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine mechanical filter* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 186 jam operasi adalah 0,93 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.16.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi eksponensial 2 dengan parameter  $\lambda=0,0349$  dan  $\gamma=9,6274$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.21 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *amine mechanical filter* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 186 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.16.

#### **h. Amine Carbon Filter**

Dari data *maintenance* pada *amine carbon filter* (lampiran A.7), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi eksponensial dengan parameter  $\lambda=0,0002$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu hasilnya ditunjukkan pada gambar 4.17 berikut :



**Gambar 4.17** Kehandalan *amine carbon filter*

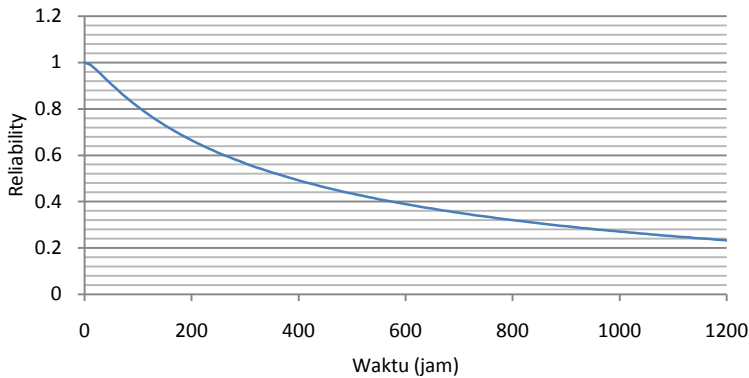
Dari gambar 4.17 kehandalan *amine carbon filter* akan menurun sampai 65% saat mencapai 2150 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine carbon filter* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 2150 jam operasi adalah 0,70 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.17.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *weibull 3* dengan parameter  $\beta=0,1405$ ;  $\eta=749,4565$  dan  $\gamma=23,76$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.20 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *amine carbon filter* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 2150 jam operasi adalah 0,68. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.17.

#### **i. Solvent Filter**

Dari data *maintenance* pada *solvent filter* (lampiran A.7), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi lognormal dengan parameter  $\mu=5,9587$  dan  $\sigma=1,5545$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.9 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu hasilnya ditunjukan pada gambar 4.18 berikut :





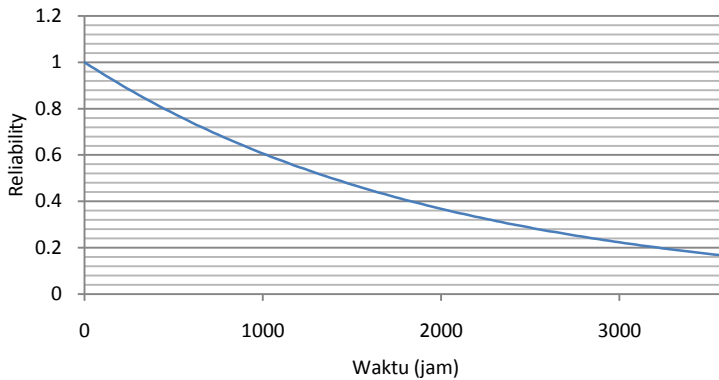
**Gambar 4.18** Kehandalan *solvent filter*

Dari gambar 4.18 kehandalan *solvent filter* akan menurun sampai 65% saat mencapai 210 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *solvent filter* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 210 jam operasi adalah 0,91 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.18.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *exponensial* dengan parameter  $\lambda=0,0152$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.21 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *solvent filter* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 210 jam operasi adalah 0,97. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.18.

#### j. *Amine Surge Vessel*

Dari data *maintenance* pada *amine surge vessel* (lampiran A.8), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi *exponensial* dengan parameter  $\lambda=0,0005$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu hasilnya ditunjukan pada gambar 4.19 berikut :



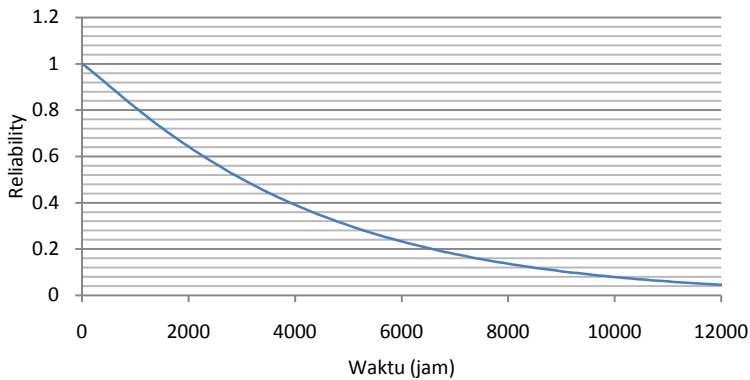
**Gambar 4.19** Kehandalan *amine surge vessel*

Dari gambar 4.19 kehandalan *amine surge vessel* akan menurun sampai 65% saat mencapai 860 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine surge vessel* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 860 jam operasi adalah 0,95 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.19.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *weibull 3* dengan parameter  $\beta=0,6696$ ;  $\eta=102,9369$  dan  $\gamma=12,46$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.20 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *amine surge vessel* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 860 jam operasi adalah 0,39. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.19.

#### **k. Amine Regenerator Overhead Cooler**

Dari data *maintenance* pada *amine regenerator overhead cooler* (lampiran A.8), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi lognormal dengan parameter  $\mu=8,3321$  dan  $\sigma=0,779$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.9 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu hasilnya ditunjukan pada gambar 4.20 berikut :



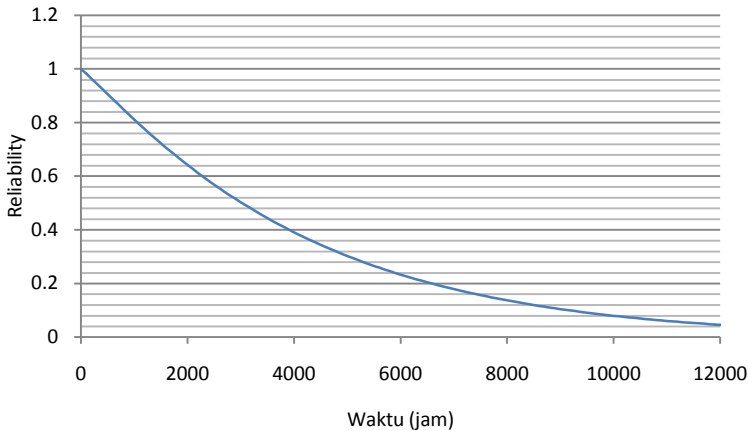
**Gambar 4.20** Kehandalan *amine regenerator overhead cooler*

Dari gambar 4.20 kehandalan *amine regenerator overhead cooler* akan menurun sampai 65% saat mencapai 3075 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine regenerator overhead cooler* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 3075 jam operasi adalah 0,98 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.120.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi eksponensial dengan parameter  $\lambda=0,0157$  kemudian dimasukkan kedalam persamaan 2.21 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *amine regenerator overhead cooler* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 3075 jam operasi adalah 1. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.20.

### 1. *Amine Reflux Drum*

*Amine reflux drum* memiliki distribusi eksponensial untuk waktu kegagalan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR) dengan parameter  $\lambda=0,00058015$  kemudian parameter tersebut dimasukkan kedalam persamaan 2.14 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu hasilnya ditunjukkan pada gambar 4.21 berikut :



**Gambar 4.21** Kehandalan *amine reflux drum*

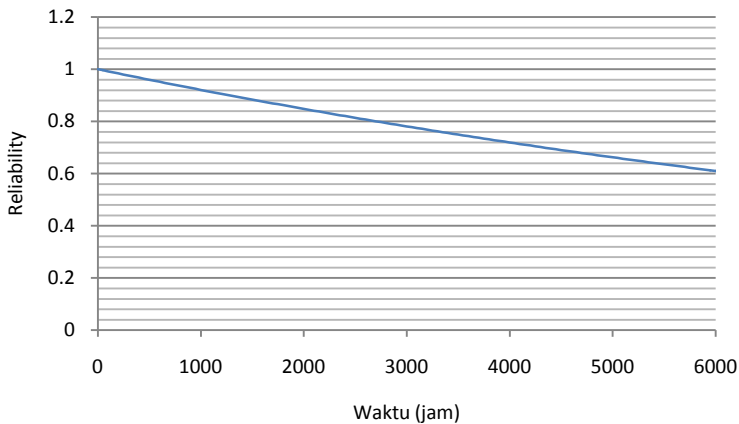
Dari gambar 4.21 kehandalan *amine reflux drum* akan menurun sampai 65% saat mencapai 740 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine reflux drum* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu (t), nilai *availability* pada 740 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.21.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) pada 740 jam operasi didapatkan nilai *maintainability* sebesar 1. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran B.21.

### **m. Amine Reflux Pumps**

Komponen ini terdiri dari dua bagian yang bekerja secara bergantian yaitu :

***Amine Reflux Pumps A***, dari data *maintenance* (lampiran A.8), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi eksponensial dengan parameter  $\lambda=0,000082376$  kemudian parameter tersebut dimasukkan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu hasilnya ditunjukkan pada gambar 4.22 berikut :

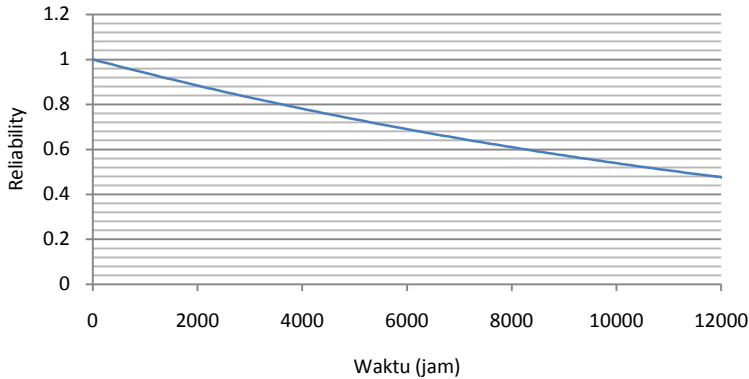


**Gambar 4.22** Kehandalan *amine reflux pumps A*

Dari gambar 4.12 kehandalan *amine reflux pumps A* akan menurun sampai 65% saat mencapai 5220 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine reflux pumps A* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 5220 jam operasi adalah 0,98 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.22.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *weibull 3* dengan parameter  $\beta=0,4643$ ;  $\eta=148,8672$  dan  $\gamma=-0,38$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.20 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *amine reflux pumps A* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 5220 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.22.

**Amine Reflux Pumps B**, Dari data *maintenance* pada (lampiran A.8), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi *exponensial* dengan parameter  $\lambda=0,000061829$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu hasilnya ditunjukan pada gambar 4.23 berikut :



**Gambar 4.23** Kehandalan *amine reflux pumps B*

Dari gambar 4.23 kehandalan *amine reflux pumps B* akan menurun sampai 65% saat mencapai 6950 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine reflux pumps B* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 6950 jam operasi adalah 0,98 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.23.

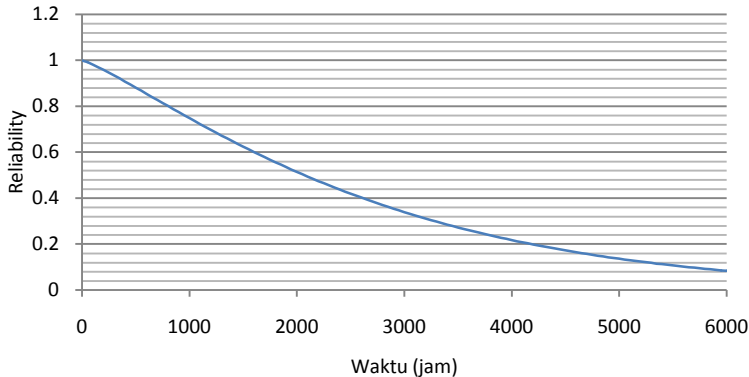
Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *weibull 3* dengan parameter  $\beta=0,3341$ ;  $\eta=85,6976$  dan  $\gamma=21,88$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.20 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *amine reflux pumps B* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 6950 jam operasi adalah 0,98. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.23.

#### **n. Lean Amine Pumps**

Komponen ini terdiri dari dua bagian yang bekerja secara bergantian yaitu :

**Lean Amine Pumps A**, Dari data *maintenance* (lampiran A.9), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi *weibull 2* dengan parameter  $\beta=1,1977$  dan  $\eta=2812,973$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.12 untuk mengetahui

kehandalan komponen dalam interval waktu hasilnya ditunjukkan pada gambar 4.24 berikut :

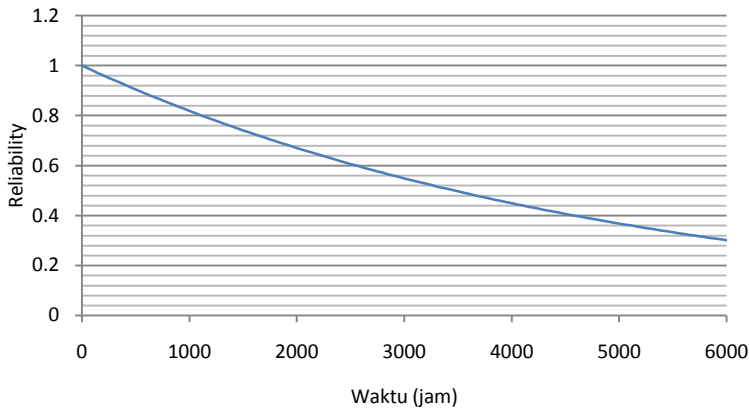


**Gambar 4.24** Kehandalan *lean amine pumps A*

Dari gambar 4.24 kehandalan *lean amine pumps A* akan menurun sampai 65% saat mencapai 1390 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *lean amine pumps A* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu (t) , nilai *availability* pada 1390 jam operasi adalah 0,93 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.24.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *weibull 3* dengan parameter  $\beta=0,684$ ;  $\eta=118,6989$  dan  $\gamma=17,44$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.20 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *lean amine pumps A* dengan interval waktu (t), didapatkan nilai *maintainability* pada 1390 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran B.24.

**Lean Amine Pumps B**, Dari data *maintenance* (lampiran A.10), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi *exponensial* dengan parameter  $\lambda=0,0002$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu hasilnya ditunjukkan pada gambar 4.25 berikut :



**Gambar 4.25** Kehandalan *lean amine pumps B*

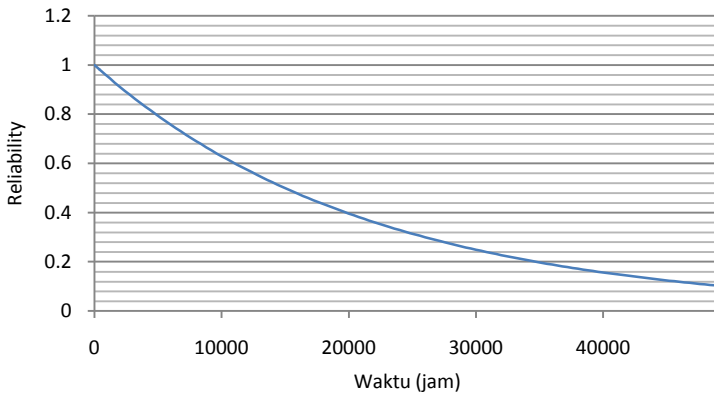
Dari gambar 4.25 kehandalan *lean amine pumps B* akan menurun sampai 65% saat mencapai 2150 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *lean amine pumps B* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 2150 jam operasi adalah 0,97 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.25.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *weibull 3* dengan parameter  $\beta=0,5137$ ;  $\eta=56,5686$  dan  $\gamma=20,44$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.20 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *lean amine pumps B* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 2150 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.25.

#### **o. Amine Drain Vessel**

Dari data *maintenance* pada (lampiran A.10), didapatkan jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) yang optimal adalah distribusi eksponensial dengan parameter  $\lambda=0,000046288$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu hasilnya ditunjukkan pada gambar 4.26 berikut :





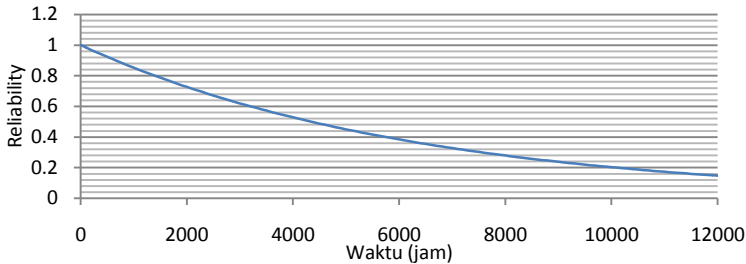
**Gambar 4.26** Kehandalan *amine drain vessel*

Dari gambar 4.26 kehandalan *amine drain vessel* akan menurun sampai 65% saat mencapai 9300 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine drain vessel* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu ( $t$ ), nilai *availability* pada 9300 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.26.

Sedangkan untuk waktu perbaikan (TTR) distribusi yang optimal adalah distribusi *weibull* 3 dengan parameter  $\beta=0,49$ ;  $\eta=188,2465$  dan  $\gamma=19$  kemudian dimasukan kedalam persamaan 2.20 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *amine drain vessel* dengan interval waktu ( $t$ ), didapatkan nilai *maintainability* pada 9300 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu ( $t$ ) dapat dilihat pada lampiran B.16.

#### **p. Amine Drain Vessel Pump**

*Amine drain vessel pump* memiliki jenis distribusi data untuk waktu kegagalan (TTF) dan waktu kerusakan (TTR) adalah distribusi eksponensial dengan parameter  $\lambda=0,00015957$  kemudian parameter tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.15 untuk mengetahui kehandalan komponen dalam interval waktu hasilnya ditunjukkan pada gambar 4.27 berikut :



**Gambar 4.27** Kehandalan *amine drain vessel pump*

Dari gambar 4.27 kehandalan *amine drain vessel pump* akan menurun sampai 65% saat mencapai 2695 jam operasi, selain mendapatkan kehandalan *amine drain vessel pump* dari parameter distribusi data TTF, juga diperoleh *availability* dengan interval waktu (t) , nilai *availability* pada 2695 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran C.27.

Sedangkan dari waktu perbaikan (TTR), didapatkan nilai *maintainability* pada 2695 jam operasi adalah 1. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran B.27.

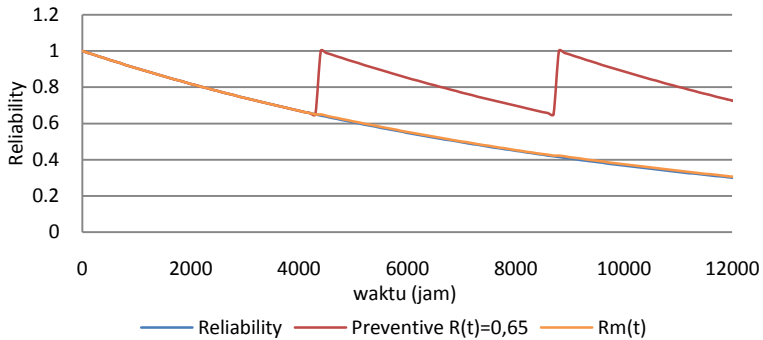
### 4.3 Evaluasi Kehandalan Dengan *Preventive Maintenance*

Evaluasi kehandalan dengan *preventive maintenance* dilakukan untuk mengetahui kehandalan komponen setelah dilakukan upaya *preventive* dengan rentang waktu tertentu. Berikut ini merupakan ringkasan hasil analisa kuantitatif terhadap komponen penyusun *gas sweetening system* ( $H_2S$  removal system) terkait dengan jadwal perawatan efektif berdasarkan analisa kehandalan dengan penerapan *preventive maintenance*.

#### 4.3.1 Evaluasi PM Pada *Amine Contactor Inlet Into KO*

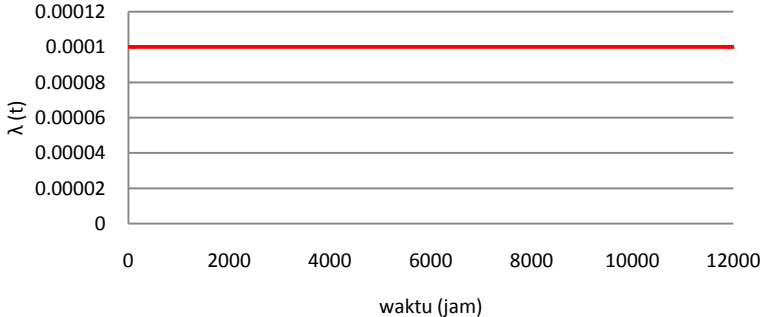
##### *Drum*

Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 4300 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.28 berikut :



**Gambar 4.28** Kehandalan *amine contactor inlet into KO drum* dengan PM

Gambar 4.28 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 4300 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*, laju kegagalan dari *amine contactor inlet into KO drum* adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.29 berikut :



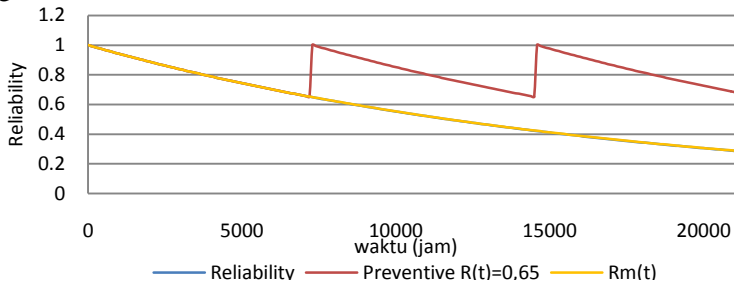
**Gambar 4.29** Laju kegagalan *amine contactor inlet into KO drum*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *amine contactor inlet into ko drum*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 4300 jam operasi.

### 4.3.2 Evaluasi PM Pada *Mercury Removal System*

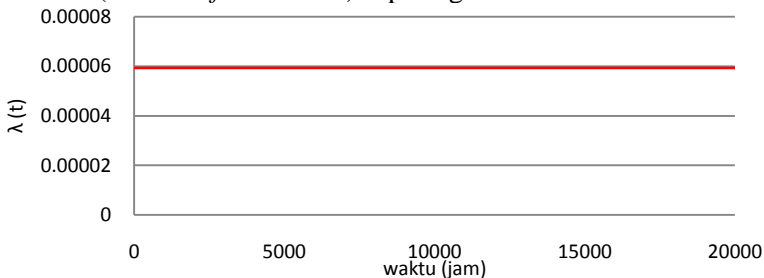
#### a. *Mercury Guard Beds (A/B)*

Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 7250 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.30 berikut :



**Gambar 4.30** Kehandalan *mercury guard beds* dengan PM

Gambar 4.30 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 7250 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan tindakan *preventive*, laju kegagalan dari *mercury guard beds* adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.31 berikut :

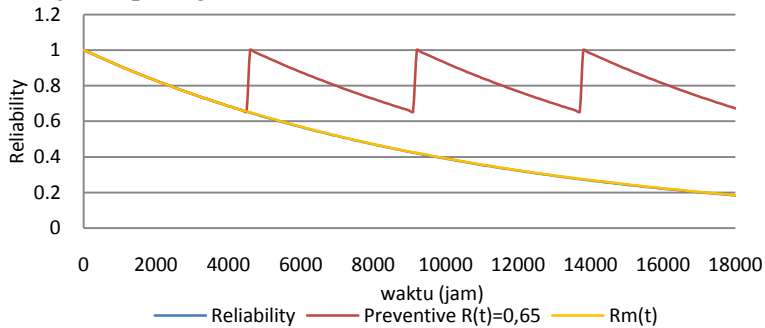


**Gambar 4.31** Laju kegagalan *mercury guard beds*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal dilakukan pada *mercury guard beds*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 7250 jam.

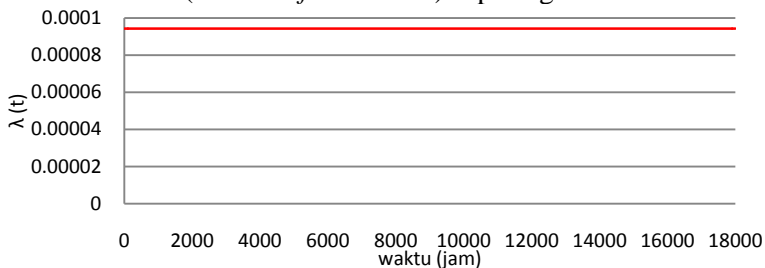
**b. Guard Beds Filter/Dust Filter (A/B)**

**Dust Filter A**, Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 4560 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.32 berikut :



**Gambar 4.32** Kehandalan *guard beds filter/dust filter A* dengan PM

Gambar 4.32 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 4560 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukan kesamaa nilai kehandalan sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*, laju kegagalan dari *guard beds filter/dust filter A* adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.33 berikut

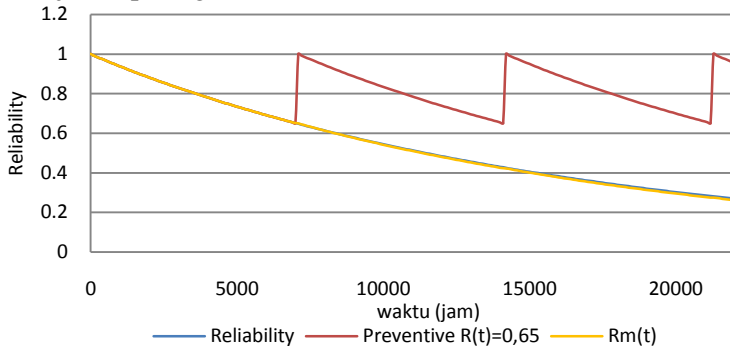


**Gambar 4.33** Laju kegagalan *guard beds filter/dust filter A*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* tidak optimal untuk dilakukan pada *guard beds filter/dust filter A*.

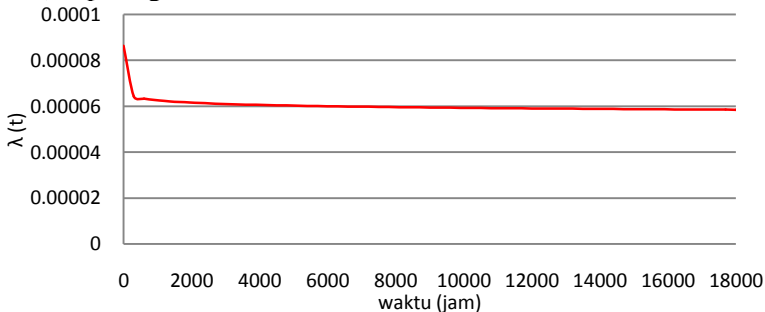
Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 4560 jam operasi.

**Dust Filter B**, Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 7030 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.34 berikut :



**Gambar 4.34** Kehandalan *guard beds filter/dust filter B* dengan PM

Gambar 4.34 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 7030 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan sebelum dan sesudah diterapkan, laju kegagalan dari *guard beds filter/dust filter B* adalah menurun (*decreasing failure rate*) seperti gambar 4.35 berikut :

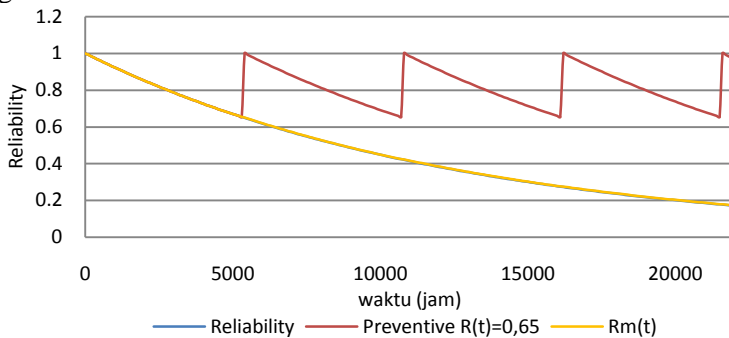


**Gambar 4.35** Laju kegagalan *guard beds filter/dust filter B*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* tidak optimal untuk dilakukan pada *guard beds filter/dust filter B*. Sehingga jenis perawatan berupa *no schedule maintenance*.

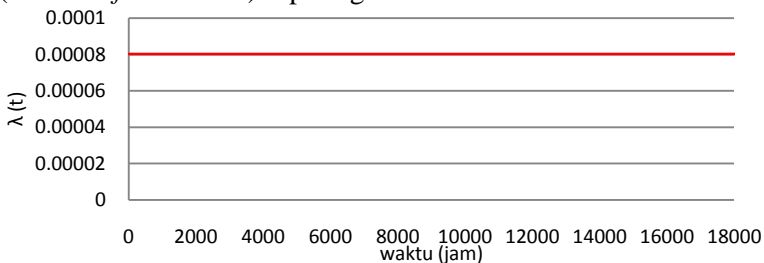
### 4.3.3 Evaluasi PM Pada Amine Contactor

Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 5350 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.36 berikut :



**Gambar 4.36** Kehandalan *amine contactor* dengan PM

Gambar 4.36 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 5350 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*, laju kegagalan dari *amine contactor* adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.37 berikut :

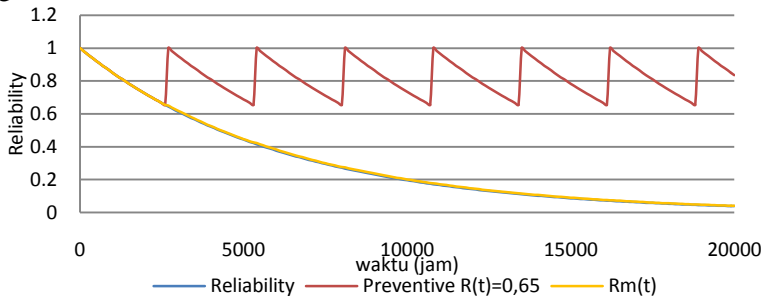


**Gambar 4.37** Laju kegagalan *amine contactor*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *amine contactor*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 5350 jam operasi.

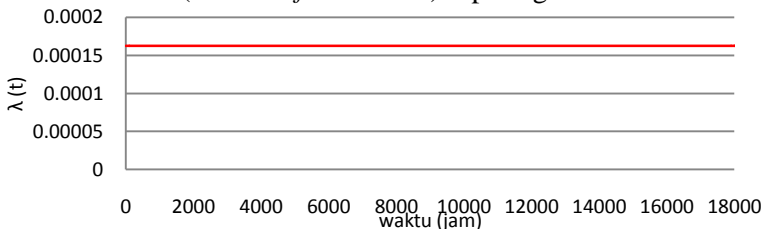
#### 4.3.4 Evaluasi PM Pada *Amine Overhead Gas KO Drum*

Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 2650 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.38 berikut :



**Gambar 4.38** Kehandalan *amine overhead gas KO drum* dengan PM

Gambar 4.38 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 2650 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*, laju kegagalan dari *amine overhead gas KO drum* adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.39 berikut



**Gambar 4.39** Laju kegagalan *amine overhead gas KO drum*

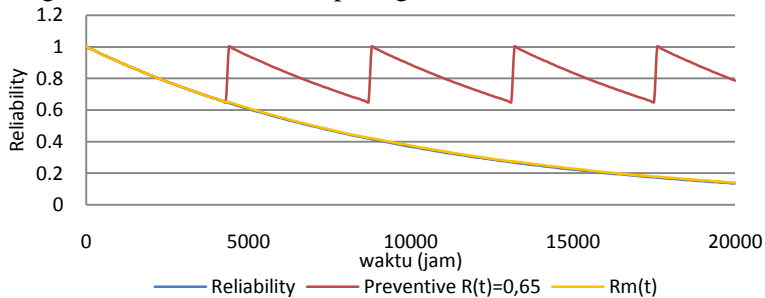


Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* tidak optimal untuk dilakukan pada *amine overhead gas ko drum*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 2650 jam operasi.

#### 4.3.5 Evaluasi PM Pada Amine Regeneration System

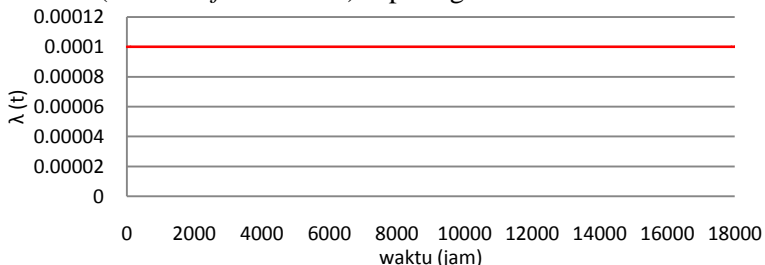
##### a. Amine Flash Drum

Evaluasi *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 4300 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti gambar 4.40 berikut :



**Gambar 4.40** Kehandalan *amine flash drum* dengan PM

Gambar 4.40 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 4300 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*, laju kegagalan dari *amine flash drum* adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.41 berikut :

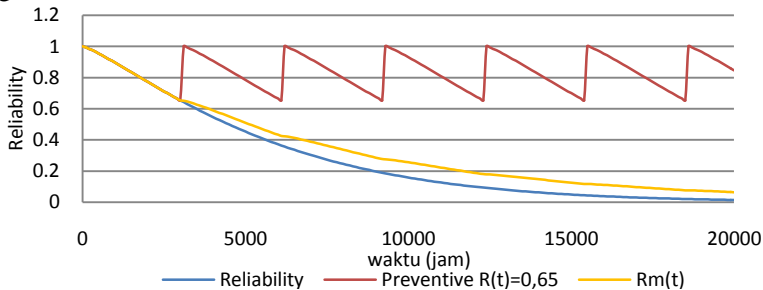


**Gambar 4.41** Laju kegagalan *amine flash drum* dengan PM

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *amine flash drum*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 4300 jam operasi.

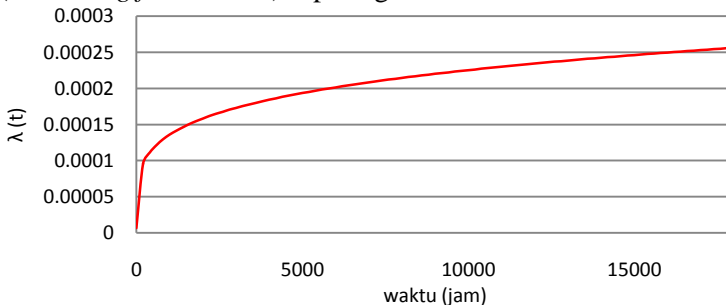
#### b. Rich Amine Filter

Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 3030 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.42 berikut :



**Gambar 4.42** Kehandalan *rich amine filter* dengan PM

Gambar 4.42 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 3030 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kenaikan nilai kehandalan, laju kegagalan dari *rich amine filter* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti gambar 4.43 berikut :



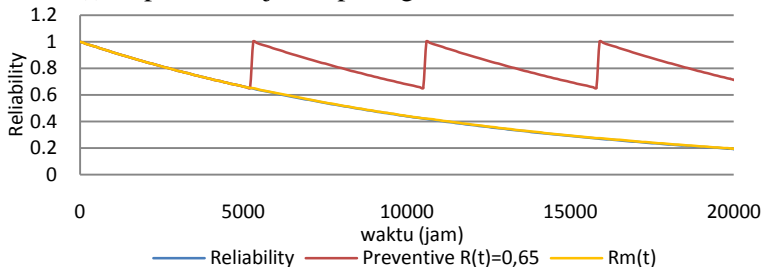
**Gambar 4.43** Laju kegagalan *rich amine filter*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *rich amine filter*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 3030 jam operasi.

### c. *Lean/Rich Amine Exchanger*

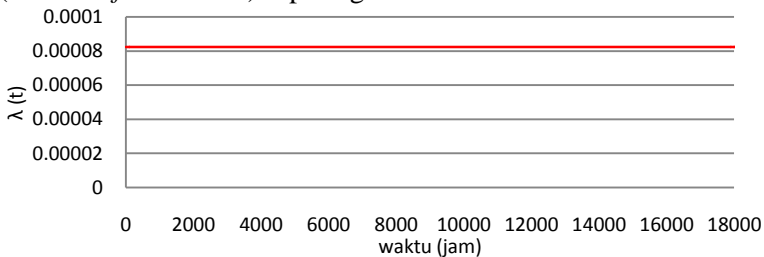
Komponen ini terdiri dari dua bagian yang bekerja secara bergantian yaitu :

***Lean/Rich Amine Exchanger A***, Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 5230 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.44 berikut :



**Gambar 4.44** Kehandalan *lean/rich amine exchanger A* dengan PM

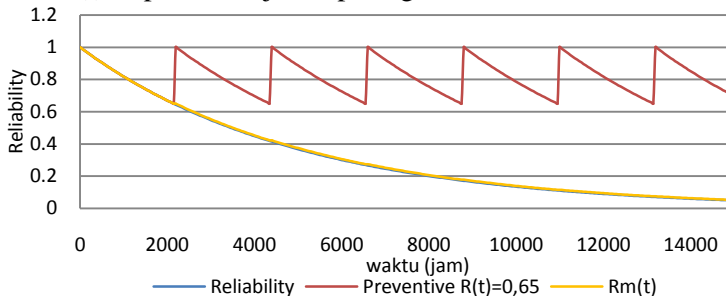
Gambar 4.44 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 5230 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive*, laju kegagalan dari *lean/rich amine exchanger A* adalah konstant (*constant failure rate*) seperti gambar 4.45 berikut :



**Gambar 4.45** Laju kegagalan *lean/rich amine exchanger A*

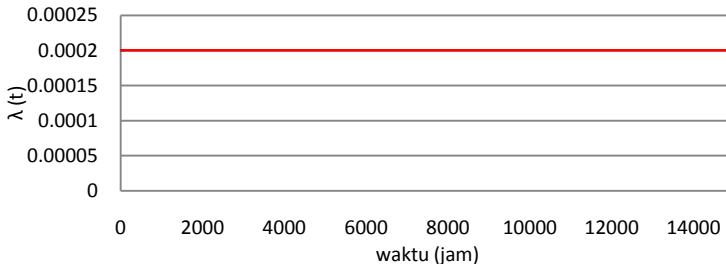
Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *lean/rich amine exchanger A*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 5230 jam operasi.

**Lean/Rich Amine Exchanger B**, Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 2150 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.46 berikut :



**Gambar 4.46** Kehandalan *lean/rich amine exchanger B* dengan PM

Gambar 4.46 diatas menunjukan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 2150 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*, laju kegagalan dari *lean/rich amine exchanger B* adalah konstant (*constant failure rate*) seperti gambar 4.47 berikut :



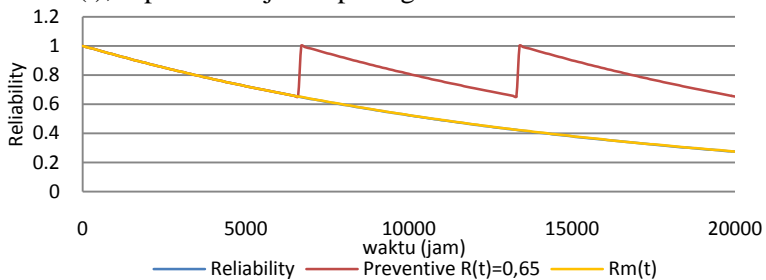
**Gambar 4.47** Laju kegagalan *lean/rich amine exchanger B*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *lean/rich amine exchanger B*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 2150 jam operasi.

#### d. *Amine Regenerator*

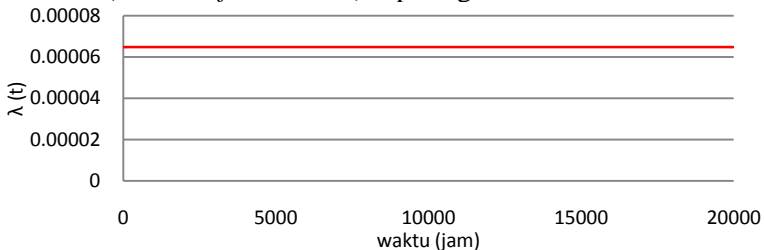
Komponen ini terdiri dari dua bagian yang bekerja secara bersamaan yaitu :

***Amine Regenerator***, Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 6650 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.48 berikut :



**Gambar 4.48** Kehandalan *amine regenerator* dengan PM

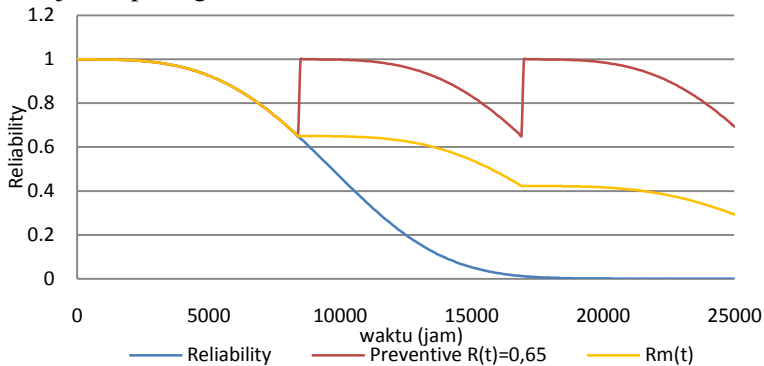
Gambar 4.48 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 6650 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan, laju kegagalan dari *amine regenerator* adalah konstant (*constant failure rate*) seperti gambar 4.49 berikut :



**Gambar 4.49** Laju kegagalan *amine regenerator*

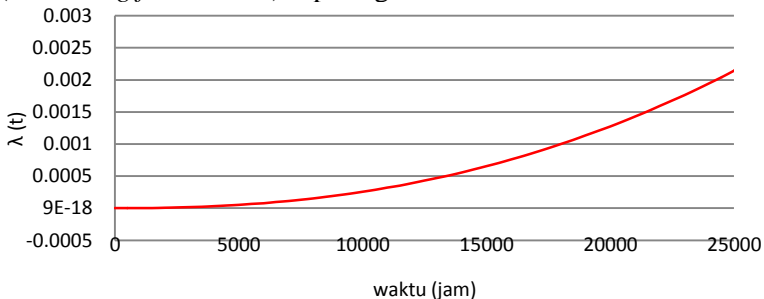
Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *amine regenerator*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 6650 jam operasi.

**Amine Reboiler**, Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 8400 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.50 berikut :



**Gambar 4.50** Kehandalan *amine reboiler* dengan PM

Gambar 4.50 diatas menunjukan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 8400 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukan kenaikan nilai kehandalan, laju kegagalan dari *amine reboiler* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti gambar 4.51 berikut :



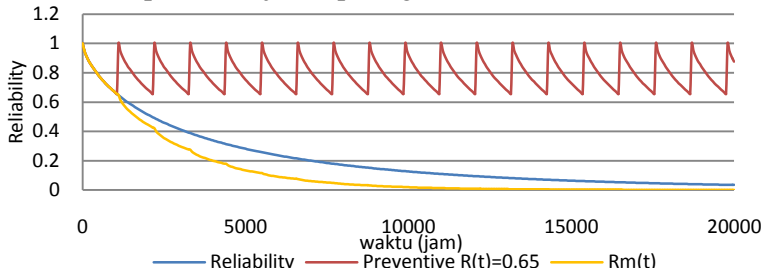
**Gambar 4.51** Laju kegagalan *amine reboiler*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *amine reboiler*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 8400 jam operasi.

#### e. *Hot Lean Amine Pump*

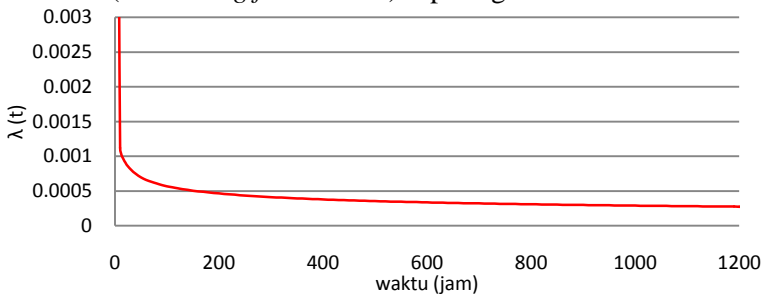
Komponen ini terdiri dari dua bagian yang bekerja secara bergantian yaitu :

***Hot Lean Amine Pump A***, Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 1080 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.52 berikut :



**Gambar 4.52** Kehandalan *hot lean amine pump* A dengan PM

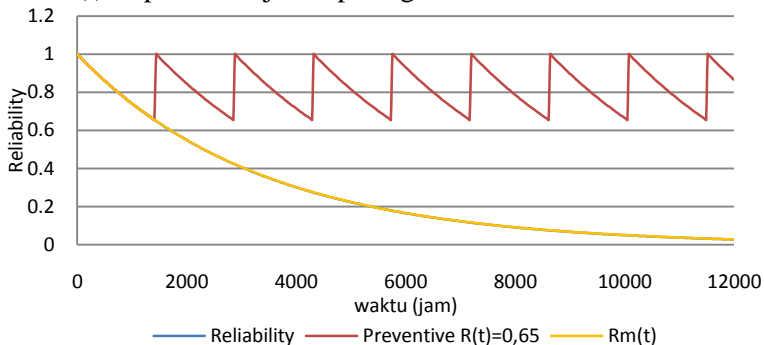
Gambar 4.52 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 1080 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan penurunan nilai kehandalan, laju kegagalan dari *hot lean amine pump* A adalah menurun (*decreasing failure rate*) seperti gambar 4.53 berikut :



**Gambar 4.53** Laju kegagalan *hot lean amine pump* A

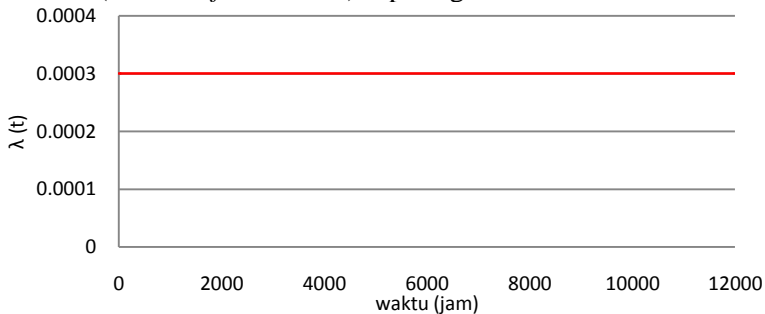
Oleh karena itu tidak dapat dilakukan kegiatan *preventive maintenance* pada *hot lean amine pump* A. Sehingga jenis perawatan berupa *no schedule maintenance*.

**Hot Lean Amine Pump B**, Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 1435 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.54 berikut :



**Gambar 4.54** Kehandalan *hot lean amine pump* B dengan PM

Gambar 4.54 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 1435 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*, laju kegagalan dari *hot lean amine pump* B adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.55 berikut :



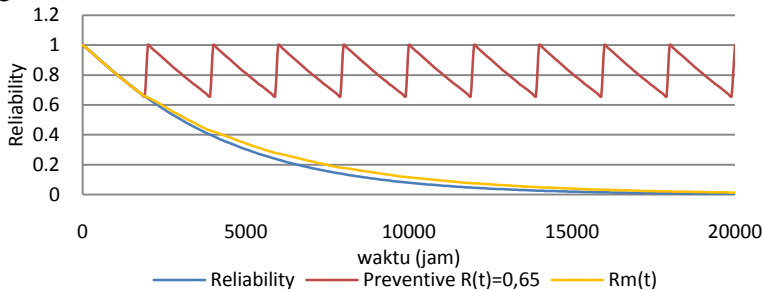
**Gambar 4.55** Laju kegagalan *hot lean amine pump* B



Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *hot lean amine pump* B. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 1435 jam operasi.

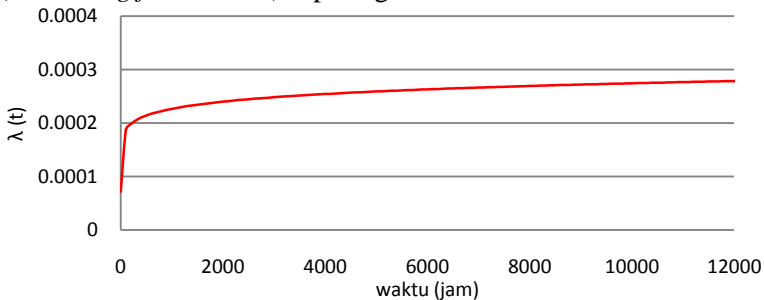
#### f. *Lean Amine Air Cooler*

Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 1945 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.56 berikut :



**Gambar 4.56** Kehandalan *lean amine air cooler* dengan PM

Gambar 4.56 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 1945 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kenaikan nilai kehandalan, laju kegagalan dari *lean amine air cooler* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti gambar 4.57 berikut :

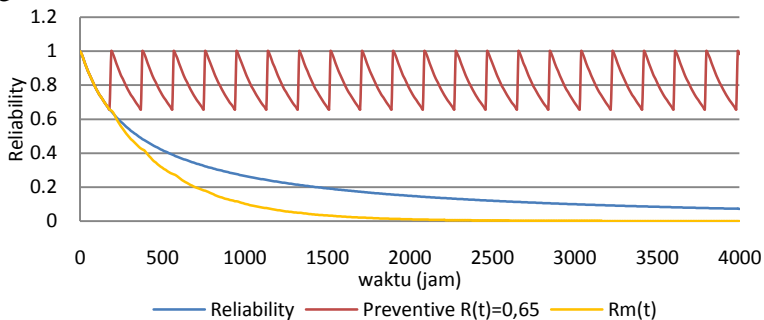


**Gambar 4.57** Laju kegagalan *lean amine air cooler*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *lean amine air cooler*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 1945 jam operasi.

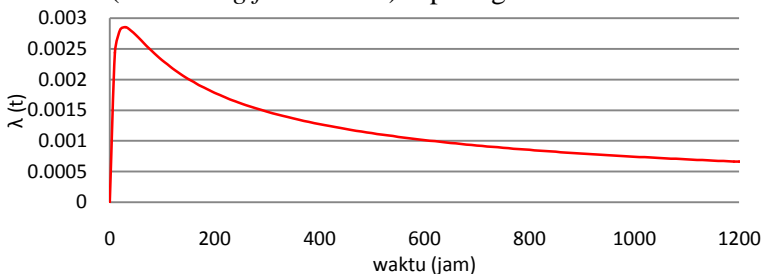
#### g. *Amine Mechanical Filter*

Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 186 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.58 berikut :



**Gambar 4.58** Kehandalan *amine mechanical filter* dengan PM

Gambar 4.58 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 186 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan penurunan nilai kehandalan, laju kegagalan dari *amine mechanical filter* adalah menurun (*decreasing failure rate*) seperti gambar 4.59 berikut :

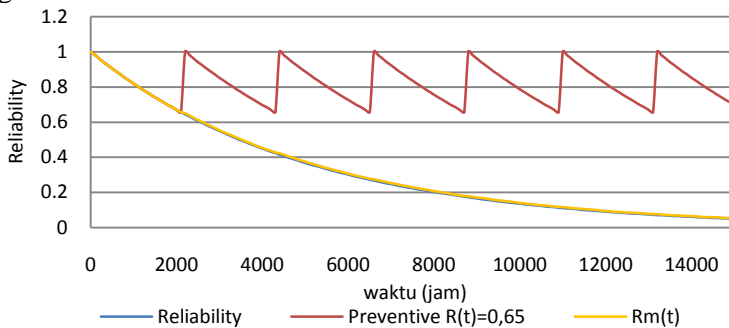


**Gambar 4.59** Laju kegagalan *amine mechanical filter*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* tidak tepat untuk dilakukan pada *amine mechanical filter*. Sehingga jenis perawatan berupa *no schedule maintenance*.

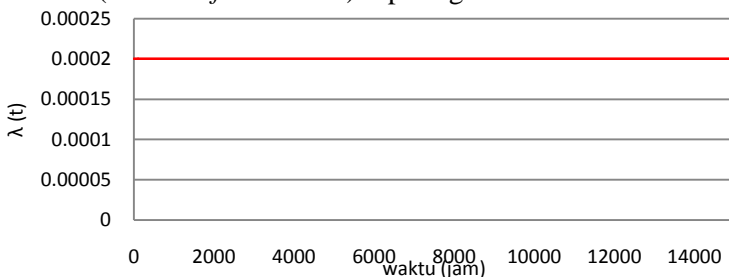
#### h. *Amine Carbon Filter*

Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 2150 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.60 berikut :



**Gambar 4.60** Kehandalan *amine carbon filter* dengan PM

Gambar 4.60 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 2150 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* laju kegagalan dari *amine carbon filter* adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.61 berikut :

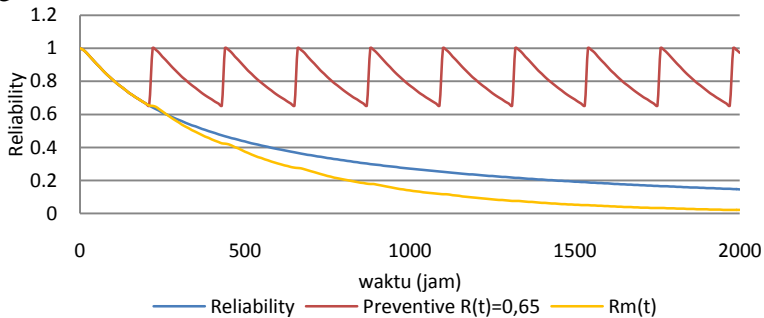


**Gambar 4.61** Laju kegagalan *amine carbon filter*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *amine carbon filter*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 2150 jam operasi.

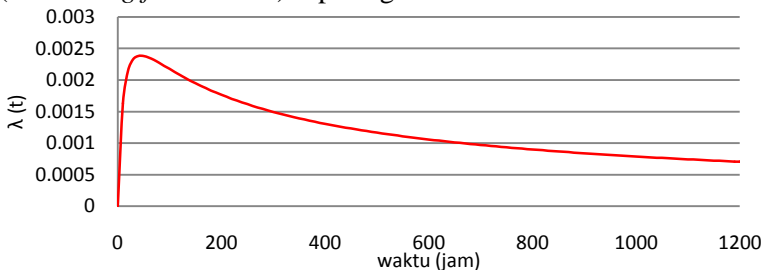
#### i. *Solvent Filter*

Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 210 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.62 berikut :



**Gambar 4.62** Kehandalan *solvent filter* dengan PM

Gambar 4.62 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 210 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan penurunan nilai kehandalan, laju kegagalan dari *solvent filter* adalah menurun (*decreasing failure rate*) seperti gambar 4.63 berikut :

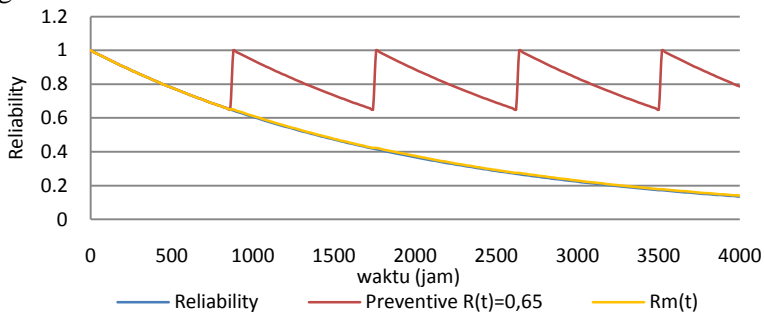


**Gambar 4.63** Laju kegagalan *solvent filter*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* tidak optimal untuk dilakukan pada *solvent filter*. Sehingga jenis perawatan berupa *no schedule maintenance*.

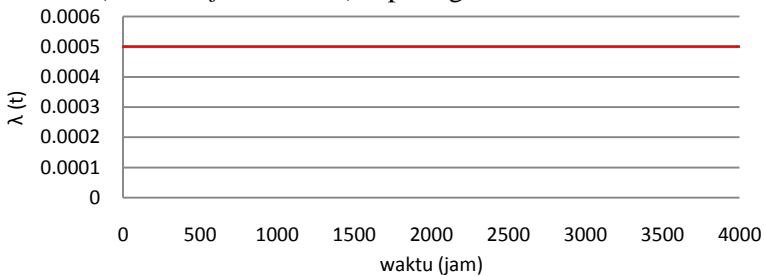
#### j. Amine Surge Vessel

Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 860 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.64 berikut :



**Gambar 4.64** Kehandalan *amine surge vessel* dengan PM

Gambar 4.64 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 860 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*, laju kegagalan dari *amine surge vessel* adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.65 berikut :

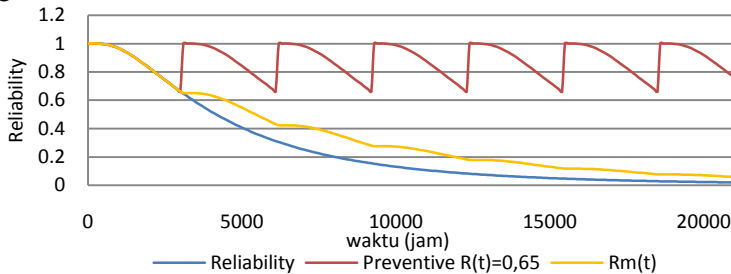


**Gambar 4.65** Laju kegagalan *amine surge vessel*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *amine surge vessel*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 860 jam operasi.

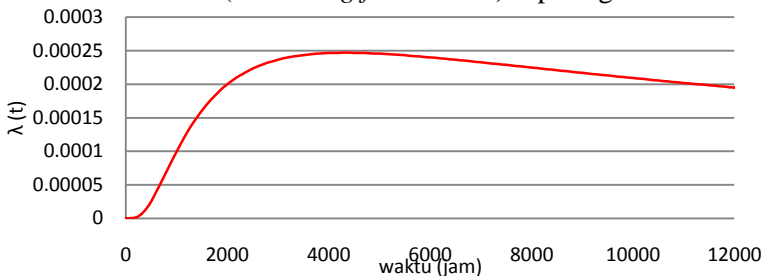
#### k. *Amine Regenerator Overhead Cooler*

Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 3075 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.66 berikut :



**Gambar 4.66** Kehandalan *amine regenerator overhead cooler* dengan PM

Gambar 4.66 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 3075 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kenaikan nilai kehandalan, laju kegagalan dari *amine regenerator overhead cooler* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti gambar 4.67 :

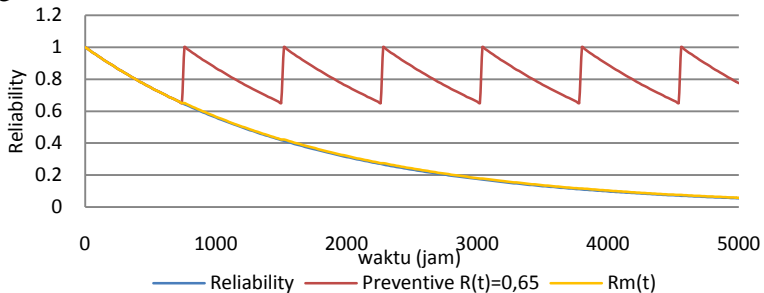


**Gambar 4.67** Laju kegagalan *amine regenerator overhead cooler*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *amine regenerator overhead cooler*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 3075 jam operasi.

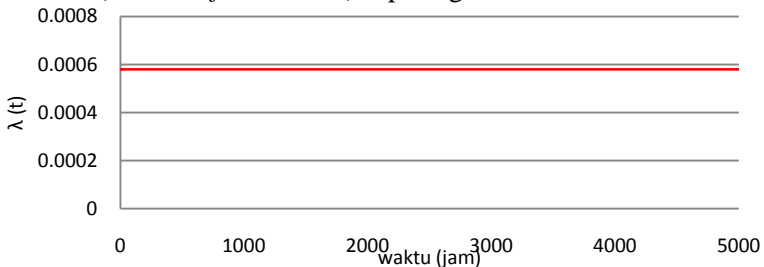
### 1. *Amine Reflux Drum*

Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 740 jam operasi, yang menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.68 berikut :



**Gambar 4.68** Kehandalan *amine reflux drum* dengan PM

Gambar 4.68 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 740 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukan kesamaan nilai kehandalan sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*, laju kegagalan dari *amine reflux drum* adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.69 :



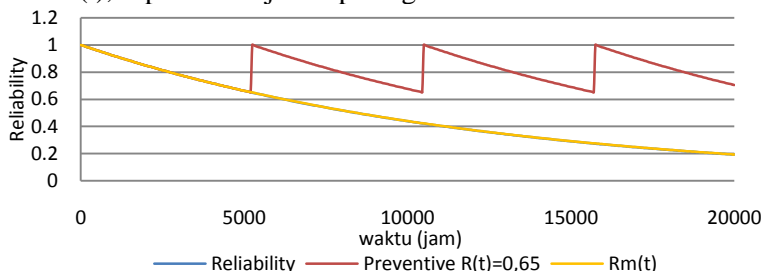
**Gambar 4.69** Laju kegagalan *amine reflux drum*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *amine reflux drum*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 740 jam operasi.

### m. *Amine Reflux Pumps*

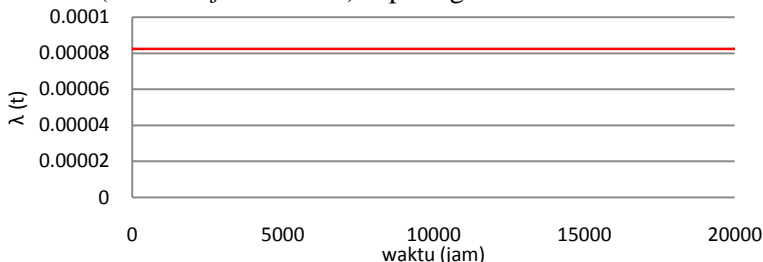
Komponen ini terdiri dari dua bagian yang bekerja secara bergantian yaitu :

***Amine Reflux Pumps A***, Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 5220 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.70 berikut :



**Gambar 4.70** Kehandalan *amine reflux pumps A* dengan PM

Gambar 4.70 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 5220 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan, laju kegagalan dari *amine reflux pumps A* adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.71 :

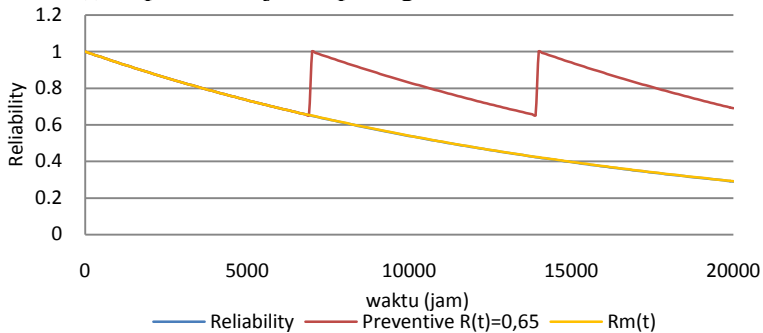


**Gambar 4.71** Laju kegagalan *amine reflux pumps A*



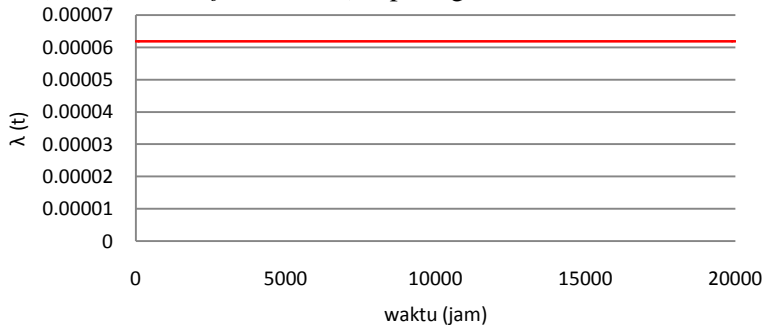
Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *amine reflux pumps* A. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 5220 jam operasi.

**Amine Reflux Pumps B**, Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 6950 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.72 berikut :



**Gambar 4.72** Kehandalan *amine reflux pumps* B dengan PM

Gambar 4.72 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 6950 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan, laju kegagalan dari *amine reflux pumps* B adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.73 :



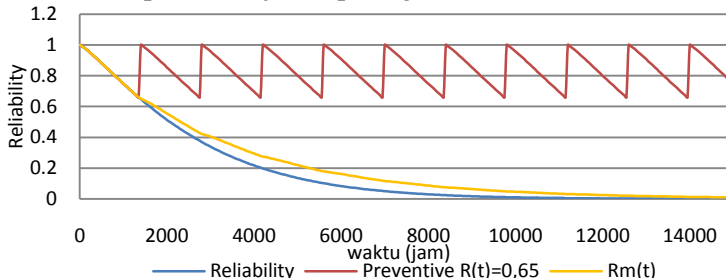
**Gambar 4.73** Laju kegagalan *amine reflux pumps* B

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *amine reflux pumps* B. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 6950 jam.

#### n. *Lean Amine Pumps*

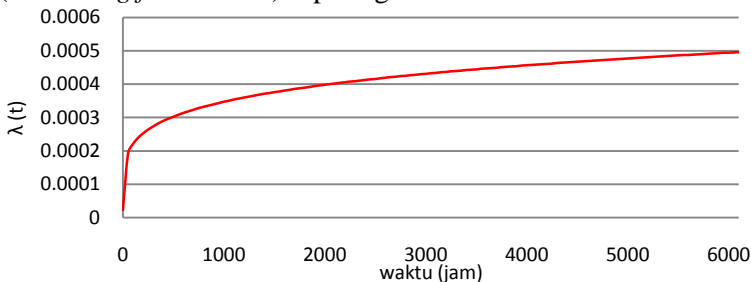
Komponen ini terdiri dari dua bagian yang bekerja secara bergantian yaitu :

*Lean Amine Pumps A*, Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 1390 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.74 berikut :



**Gambar 4.74** Kehandalan *lean amine pumps* A dengan PM

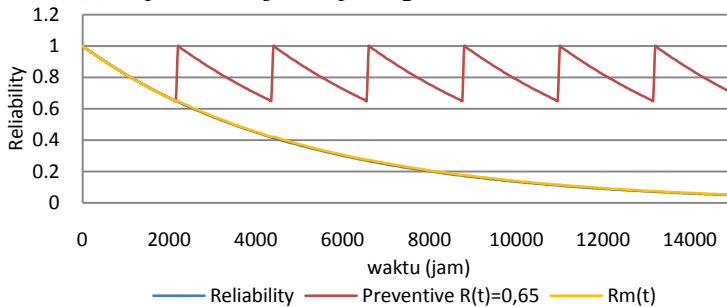
Gambar 4.74 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 1390 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kenaikan nilai kehandalan, laju kegagalan dari *lean amine pumps* A adalah naik (*increasing failure rate*) seperti gambar 4.75 :



**Gambar 4.75** Laju kegagalan *lean amine pumps* A

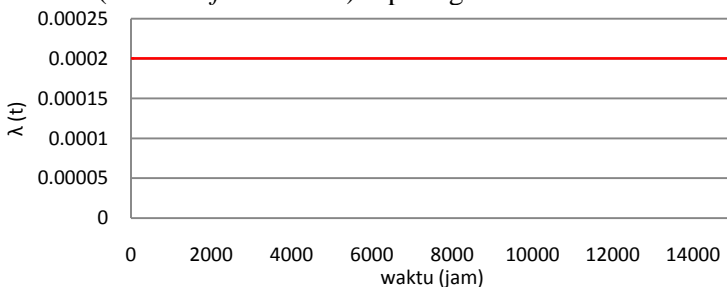
Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *lean amine pumps* A. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 1390 jam operasi.

**Lean Amine Pumps B**, Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 2150 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.76 berikut :



**Gambar 4.76** Kehandalan *lean amine pumps* B dengan PM

Gambar 4.76 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 2150 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*, laju kegagalan dari *lean amine pumps* B adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.77 :

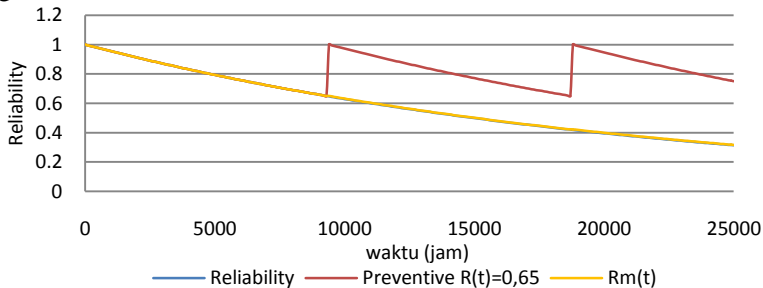


**Gambar 4.77** Laju kegagalan *lean amine pumps* B

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *lean amine pumps* B. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 2150 jam operasi.

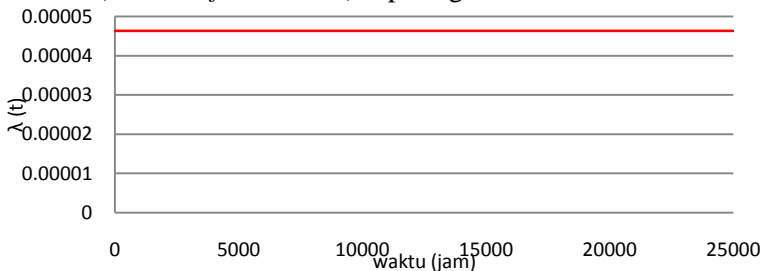
#### o. *Amine Drain Vessel*

Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 9300 jam operasi, dengan menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.78 berikut :



**Gambar 4.78** Kehandalan *amine drain vessel* dengan PM

Gambar 4.78 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 9300 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*, laju kegagalan dari *amine drain vessel* adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.79 :

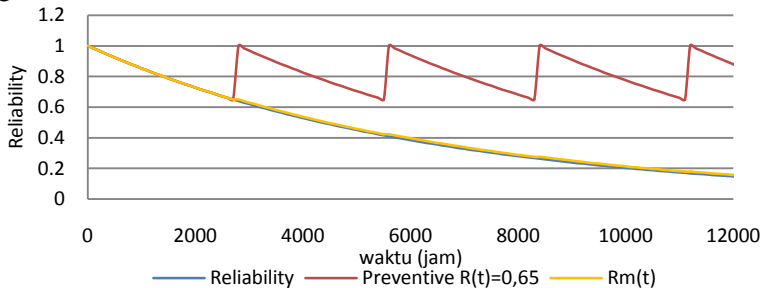


**Gambar 4.79** Laju kegagalan *amine drain vessel*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *amine drain vessel*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 9300 jam operasi.

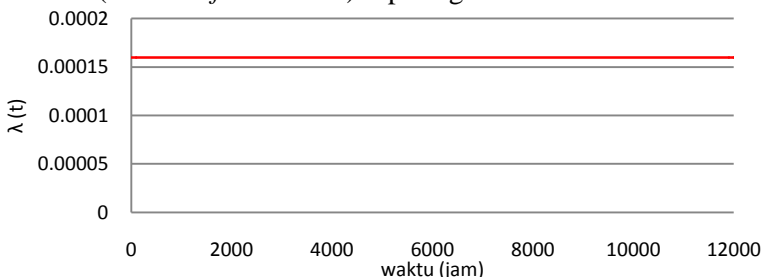
**p. Amine Drain Vessel Pump**

Evaluasi dengan *preventive maintenance* dilakukan pada  $R(t)$  0,65 atau pada 2695 jam operasi, yang menggunakan persamaan 2.22 didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.80 berikut :



**Gambar 4.80** Kehandalan *amine drain vessel pump* dengan PM

Gambar 4.80 diatas menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 2695 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan sebelum dan sesudah dilakukan tindakan *preventive maintenance*, laju kegagalan dari *amine drain vessel pump* adalah konstan (*constant failure rate*) seperti gambar 4.81 :



**Gambar 4.81** Laju kegagalan *amine drain vessel pump*

Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *amine drain vessel pump*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 2695 jam operasi.

#### 4.3.6 Jadwal dan Jenis Perawatan Komponen

Berikut ini merupakan jenis perawatan dan jadwal perawatan berdasarkan nilai kehandalan komponen 0,65 atau 65% berdasarkan analisa diatas :

**Tabel 4.45** Jadwal perawatan optimal  $H_2S$  removal system untuk nilai kehandalan 0,65 atau 65%

Nama Komponen	Jenis Perawatan	Jadwal Perawatan (jam)
Amine Contactor Inlet KO Drum	Schedule on condition task	4300
Mercury Guard Beds	Schedule on condition task	7250
Amine Regenerator	Schedule on condition task	6650
Amine Reboiler	Schedule restoration task	8400
Amine Carbon Filter	Schedule on condition task	2150
Amine Regenerator Overhead Cooler	Schedule restoration task	3075
Guard Bed Filter/Dust Filter A	Schedule on condition task	4560
Amine Overhead Gas KO Drum	Schedule on condition task	2650
Lean/Rich Amine Exchanger B	Schedule on condition task	2150
Hot Lean Amine Pumps B	Schedule on condition task	1435
Amine Reflux Drum	Schedule on condition task	740
Amine Reflux Pumps A	Schedule on condition task	5220
Amine Reflux Pumps B	Schedule on condition task	6950
Lean Amine Pumps A	Schedule restoration task	1390
Lean Amine Pumps B	Schedule on condition task	2150
Amine Drain Vessel	Schedule on condition task	9300
Amine Drain Vessel Pump	Schedule on condition task	2695
Guard Bed Filter /Dust Filter B	No Schedule Maintenance	-
Amine Contactor	Schedule on condition task	5350
Amine Flash Drum	Schedule on condition task	4300
Rich Amine Filter	Schedule restoration task	3030
Lean/Rich Amine Exchanger A	Schedule on condition task	5230
Hot Lean Amine Pumps A	No Schedule Maintenance	-
Lean Amine Air Cooler	Schedule restoration task	1945
Amine Mechanical Filter	No Schedule Maintenance	-
Solvet Filter	No Schedule Maintenance	-
Amine Surge Vessel	Schedule on condition task	860

Sedangkan jenis perawatan dan jadwal perawatan berdasarkan nilai kehandalan komponen 0,60 atau 60% adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.46** Jadwal perawatan optimal H<sub>2</sub>S *removal system* untuk nilai kehandalan 0,60 atau 60%

Nama Komponen	Jenis Perawatan	Jadwal Perawatan (jam)
Amine Contactor Inlet KO Drum	Schedule on condition task	5100
Mercury Guard Beds	Schedule on condition task	8600
Amine Regenerator	Schedule on condition task	7800
Amine Reboiler	Schedule restoration task	8800
Amine Carbon Filter	Schedule on condition task	2500
Amine Regenerator Overhead Cooler	Schedule restoration task	3400
Guard Bed Filter/Dust Filter A	Schedule on condition task	5400
Amine Overhead Gas KO Drum	Schedule on condition task	3100
Lean/Rich Amine Exchanger B	Schedule on condition task	2550
Hot Lean Amine Pumps B	Schedule on condition task	1680
Amine Reflux Drum	Schedule on condition task	880
Amine Reflux Pumps A	Schedule on condition task	6200
Amine Reflux Pumps B	Schedule on condition task	8200
Lean Amine Pumps A	Schedule restoration task	1600
Lean Amine Pumps B	Schedule on condition task	2550
Amine Drain Vessel	Schedule on condition task	11000
Amine Drain Vessel Pump	Schedule on condition task	3200
Guard Bed Filter /Dust Filter B	No Schedule Maintenance	-
Amine Contactor	Schedule on condition task	6300
Amine Flash Drum	Schedule on condition task	5100
Rich Amine Filter	Schedule restoration tas	3400
Lean/Rich Amine Exchanger A	Schedule on condition task	6200
Hot Lean Amine Pumps A	No Schedule Maintenance	-
Lean Amine Air Cooler	Schedule restoration task	2250
Amine Mechanical Filter	No Schedule Maintenance	-
Solvet Filter	No Schedule Maintenance	-
Amine Surge Vessel	Schedule on condition task	1020

Jadwal perawatan dan jenis perawatan diatas ditentukan dengan pertimbangan analisa biaya (*cost analysis*) yang pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya (Musyafa et al. 2014).

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **1.1 Kesimpulan**

Dari analisa yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- a. Komponen kritis penyusun *gas sweetening system* ( $H_2S$  removal system) yang dominan terhadap kejadian kegagalan (*failure* dan *repair*) antara lain *guard beds filter/dust filter* B, *hot lean amine pump* A, *amine mechanical filter* dan *solvent filter* dilihat dari penurunan kehandalan dengan waktu operasi yang pendek dan juga laju kegagalan ( $\lambda$ ) dari masing-masing komponen yang terus meningkat seiring bertambahnya waktu operasi atau waktu produksi sehingga menyebabkan ketidakcocokan kegiatan *preventive maintenance* untuk diterapkan sebagai jenis perawatan kepada komponen tersebut (*no schedule maintenance*).
- b. Jadwal perawatan yang efektif guna meningkatkan kehandalan komponen dan mencegah terjadinya kejadian kegagalan adalah sebagai berikut .:

*Amine contactor inlet into KO drum* (4300 jam operasi)

*Mercury guard beds* (7250 jam operasi)

*Guard beds filter/dust filter* A (4560 jam operasi)

*Amine contactor* (5350 jam operasi)

*Amine overhead gas KO drum* (2650 jam operasi)

*Amine flash drum* (4300 jam operasi)

*Rich amine filter* (3030 jam operasi)

*Lean/rich amine exchanger* A (5230 jam operasi)

*Lean/rich amine exchanger* B (2150 jam operasi)

*Amine regenerator* (6650 jam operasi)

*Amine reboiler* (8400 jam operasi)

*Hot lean amine pump* B (1435 jam operasi)

*Lean amine air cooler* (1945 jam operasi)

*Amine carbon filter* (2150 jam operasi)

*Amine surge vessel* (860 jam operasi)

*Amine regenerator overhead cooler* (3075 jam operasi)

*Amine reflux drum* (740 jam operasi)

*Amine reflux pumps A* (5220 jam operasi)

*Amine reflux pumps B* (6950 jam operasi)

*Lean amine pumps A* (1390 jam operasi)

*Lean amine pumps B* (2150 jam operasi)

*Amine drain vessel* (9300 jam operasi)

*Amine drain vessel pump* (2695 jam operasi)

- c. Usaha pencegahan guna mengantisipasi terjadinya kegagalan dapat dilakukan tindakan pemeliharaan berupa.
- *Schedule restoration task*, atau perbaikan komponen pada :  
*Rich amine filter, Amine reboiler, Lean amine air cooler, Amine regenerator overhead cooler* dan *Lean amine pumps A*
  - *Schedule on condition Task*, atau pengecekan pada :  
*Amine contactor inlet KO drum, Mercury guard beds, Guard bed filter/dust filter A, Amine contactor, Amine overhead gas KO drum, Amine flash drum, Lean/rich amine exchanger A, Lean/rich amine exchanger B, Amine regenerator, Hot lean amine pump B, Amine carbon filter, Amine surge vessel, Amine reflux drum, Amine reflux pumps A, Amine reflux pumps B, Lean amine pumps B, Amine drain vessel* dan *Amine drain vessel pump*.
  - *No schedule maintenance*, atau tidak ada kegiatan *maintenance* pada :  
*Guard beds filter/dust filter B, Hot lean amine pump A, Amine mechanical filter* dan *Solvent filter*

## 1.2 Saran

Untuk mengembangkan penelitian ini kedepannya dapat dilakukan penentuan interval perawatan berdasarkan metode validasi yang sedang berkembang (*fuzzy logic* dan *neural network*) terhadap komponen penyusun sistem *H<sub>2</sub>S removal system*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abernethy, RB, 'The New Weibull Handbook', in *Chapter 1. An Overview of Weibull Analysis*, North Palm Beach.
- Anders Hoff, K & Hallvard F, S 2013, 'CO<sub>2</sub> absorption with membrane contactors vs. packed absorbers Challenges and opportunities in post combustion capture and natural gas sweetening', *Science Direct*, no. 37, pp. 952-960.
- Andrews JD, TM 2002, *Reliability and Risk Assessment 2nd Edition*, New York.
- AY El Naggat, YMSFAEEAME 2011, 'Monitoring of trace chloride ions at different stages of the gas production process', *Arabian Journal of Chemistry*, pp. 15-24.
- Boediono & Koster, W 2001, *Teori dan Aplikasi Statistika dan Probabilitas*, PT Remaja Rosdakarya, Jakarta, Indoneisa.
- Center, RA 2004, 'Undersrtanding Series and Pararallel System Reliability', 2004, pp. 1-8, <<https://src.alionscience.com/pdf/S&PSYSREL.pdf>>.
- Deepak Prabhkar P, JRV 2013, 'A New Model For Reliability Centered Maintenance In Petroleum Refineries', *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 2*, vol 2, no. 5, pp. 56-64.
- Devolds, Håvard 2013, *Oil and gas production handbook, An introdustion to oil and gas production*, 30th edn, ABB Oil and GAs.
- Ebeling, CE 1997, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, The McGraw – Hill Companies, Inc, New York, USA.
- J Kittel, RIDGPTGPAB 2009, 'Corrosion in MEA units for CO<sub>2</sub> capture: pilot plant studies', *Energy Procedia 1*, Science Direct.

- JA Sainz, MS 2013, 'Methodology for the Maintenance Centered on the Reliability on facilities of low accessibility', *Science Direct*, pp. 852-860.
- M.C. ETI, S.O.T OGAJI and S.D.PROBERT 2006, 'Development and implementation of preventive-maintenance practices in Nigerian industries', *Applied Energy*, vol 83, no. 10, pp. 1163-1179.
- Marshment, Denis ;Asset Dynamics Asia 2015, , <<http://www.assetdynamicsasia.com/archives/535>>.
- Mathew, J, Shafik, RA & Pradan, DK 2014, 'Energy-Efficiency Fault-Tolerant Systems', in *Reliability Evaluation Technique*, Springer, New York.
- Moubray, J 2000, *Reliability Centered Maintenance II*, 2nd edn, Industrial Press Inc, North Carolina, United States of America.
- Musyafa, A, Prasetya, DE, Dacosta, SR & Noriyati, RD 2014, 'Reliability Assessment of Cooling Pump For Parts Inventory Planning in Power Plant System, Paiton-Indonesia', *AENSI Journals (Autralian Journal of Basic and Applied Science)*, vol VIII, no. 13, pp. 140-146.
- SINTEF 2009, *OREDA (Offshore Reliability Data Handbook)*, 5th edn, OREDA Participant, Norway.
- Su, J-W, Xi, L-F, Du, S-C & Ju, B 2008, 'Reliability modeling and analysis of serial-parallel hybrid multi-operational manufacturing system considering dimensional quality, tool degradation and system configuration', *Science Direct*, vol 114, pp. 149-164.

## LAMPIRAN A

Pada lampiran ini tercantum data *maintenance* untuk masing-masing unit/komponen penyusun *gas sweetening system* ( $H_2S$  removal system) sebagai berikut :

- ***Amine Contactor Inlet Into KO Drum***

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	06/26/2007	07/19/2007	23	552	0	0
2	09/13/2007	02/10/2008	150	3600	56	1344
3	11/02/2008	04/01/2009	150	3600	266	6384
4	07/02/2010	07/03/2010	1	24	457	10968
5	05/27/2011	06/07/2011	11	264	328	7872
6	07/04/2011	08/11/2011	38	912	27	648
7	11/26/2012	11/26/2012	1	24	473	11352
<b>Jumlah</b>			374	8976	1607	38568
<b>Rata-rata</b>			53,43	1282,28	229,57	5509,71

- ***Mercury Removal System***

- ***Mercury Guard Beds (135-V-15 A/B)***

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	06/03/2010	06/04/2010	1	24	0	0
2	11/20/2012	11/20/2012	1	24	900	21600
3	03/15/2013	03/15/2013	1	24	115	2760
<b>Jumlah</b>			3	72	1015	24360
<b>Rata-rata</b>			1	24	338,33	8120

- ***Guard Beds Filter/Dust Filter (135-W-06 A/B)***  
*Dust Filter A*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	02/09/2008	02/13/2008	4	96	0	0
2	02/29/2008	02/29/2008	1	24	16	384
3	04/14/2008	05/07/2008	23	552	45	1080
4	09/19/2008	09/23/2008	4	96	135	3240
5	06/01/2010	07/08/2010	37	888	616	14784
6	01/21/2013	01/23/2013	2	48	928	22272
<b>Jumlah</b>			71	1704	1740	41760
<b>Rata-rata</b>			11,83333	284	290	6960

## A.2

### *Dust Filter B (Data maintenance tidak tersedia)*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	04/14/2008	05/07/2008	23	552	0	0
2	09/25/2008	09/29/2008	4	96	141	3384
3	06/03/2011	06/06/2011	3	72	977	23448
4	01/21/2013	01/23/2013	2	48	595	14280
Jumlah			30	720	1118	26832
Rata-rata			10	240	372,6667	8944

- *Amine Contactor (135-V-06)*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	04/30/2007	05/04/2007	4	96	0	0
2	06/26/2007	07/01/2007	5	120	54	1296
3	07/02/2010	07/03/2010	1	24	1097	26328
4	05/31/2011	07/05/2011	35	840	332	7968
5	07/27/2011	09/20/2011	55	1320	22	528
Jumlah			100	2400	1505	36120
Rata-rata			20	480	301	7224

- *Amine Regeneration Sistem*

- *Amine Flash Drum (135-V-10)*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	05/09/2007	05/10/2007	1	24	0	0
2	06/16/2007	06/20/2007	4	96	37	888
3	06/23/2007	07/16/2007	23	552	3	72
4	08/28/2009	09/06/2009	9	216	774	18576
5	06/16/2010	07/08/2010	22	528	283	6792
6	07/05/2011	07/12/2011	7	168	362	8688
Jumlah			66	1584	1459	35016
Rata-rata			11	264	243,17	5836

- ***Rich Amine Filter (135-W-04)***

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	05/24/2007	05/28/2007	4	96	0	0
2	08/09/2008	08/13/2008	4	96	439	10536
3	12/04/2008	01/14/2009	41	984	113	2712
4	03/18/2009	03/18/2009	1	24	63	1512
5	04/16/2010	04/20/2010	4	96	394	9456
6	06/16/2010	07/08/2010	22	528	57	1368
7	05/13/2011	05/16/2011	3	72	309	7416
Jumlah			79	1896	1375	33000
Rata-rata			11,3	270,86	196,4	4714,3

- ***Lean/Rich Amine Exchanger (135-H-02 A/B)***

*Lean/rich amine exchanger A*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	05/02/2007	05/03/2007	1	24	0	0
2	05/12/2007	05/16/2007	4	96	9	216
3	05/18/2007	05/22/2007	4	96	2	48
4	05/28/2007	06/28/2007	31	744	6	144
5	08/09/2008	08/13/2008	4	96	408	9792
6	02/23/2010	02/27/2010	4	96	559	13416
7	02/28/2011	03/03/2011	3	72	366	8784
8	01/14/2015	01/15/2015	1	24	1413	33912
Jumlah			52	1248	2763	66312
Rata-rata			6,5	156	345,375	8289

*Lean/rich amine exchanger B*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	05/26/2007	05/30/2007	4	96	0	0
2	02/09/2008	02/13/2008	4	96	255	6120
3	02/20/2008	02/20/2008	1	24	7	168
4	09/02/2008	09/02/2008	1	24	195	4680
5	12/12/2008	12/12/2008	1	24	101	2424
6	08/31/2009	09/06/2009	6	144	262	6288
7	01/19/2011	02/28/2011	40	960	500	12000
8	06/20/2011	06/23/2011	3	72	112	2688
9	07/04/2011	07/04/2011	1	24	11	264
10	09/15/2011	09/15/2011	1	24	73	1752
11	12/05/2011	12/05/2011	1	24	81	1944
12	05/29/2012	05/29/2012	1	24	176	4224
13	04/16/2013	04/16/2013	1	24	322	7728
14	12/19/2014	12/19/2014	1	24	613	14712
15	01/19/2015	01/20/2015	1	24	31	744
16	02/02/2015	02/06/2015	4	96	13	312
Jumlah			71	1704	2752	66048
Rata-rata			4,4375	106,5	172	4128

#### A.4

##### - ***Amine Regenerator (135-V-07)***

###### *Amine Regenerator*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	06/24/2007	06/28/2007	4	96	0	0
2	06/01/2010	06/01/2010	1	24	1069	25656
3	07/02/2010	07/03/2010	1	24	31	744
4	07/05/2011	07/05/2011	1	24	367	8808
Jumlah			7	168	1467	35208
Rata-rata			1,75	42	366,75	8802

###### *Amine Reboiler*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	05/09/2011	05/20/2011	11	264	0	0
2	04/12/2012	04/12/2012	1	24	328	7872
4	08/05/2013	08/05/2013	1	24	480	11520
Jumlah			13	312	808	19392
Rata-rata			4,3333	104	201,5	6464

##### - ***Hot Lean Amine Pump (135-P-04 A/B)***

###### *Hot lean amine pump A*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	05/04/2007	05/08/2007	4	96	0	0
2	05/29/2007	06/02/2007	4	96	21	504
3	06/05/2007	06/09/2007	4	96	3	72
4	06/24/2007	06/28/2007	4	96	15	360
5	09/24/2007	09/28/2007	4	96	88	2112
6	10/29/2007	10/29/2007	1	24	31	744
7	03/11/2008	03/15/2008	5	120	134	3216
8	10/11/2008	10/15/2008	4	96	210	5040
9	01/31/2009	02/23/2009	24	576	108	2592
10	05/06/2009	05/10/2009	5	120	72	1728
11	02/01/2012	02/01/2012	1	24	997	23928
12	02/05/2013	02/08/2013	3	72	370	8880
Jumlah			63	1512	2049	49176
Rata-rata			5,25	126	170,75	4098



***Hot lean amine pump B***

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	05/29/2007	06/02/2007	4	96	0	0
2	09/24/2007	09/28/2007	4	96	114	2736
3	11/04/2007	11/08/2007	4	96	37	888
4	02/12/2008	02/12/2008	1	24	96	2304
5	04/10/2008	05/03/2008	23	552	58	1392
6	10/25/2008	10/29/2008	4	96	175	4200
7	12/12/2008	12/12/2008	1	24	44	1056
8	12/12/2008	12/16/2008	4	96	1	24
9	02/02/2009	02/02/2009	1	24	48	1152
10	05/07/2009	05/11/2009	4	96	94	2256
11	06/25/2009	07/18/2009	23	552	45	1080
12	08/12/2009	10/29/2009	78	1872	25	600
13	05/11/2011	05/13/2011	2	48	559	13416
14	11/18/2011	11/18/2011	1	24	189	4536
15	04/17/2012	04/18/2012	1	24	151	3624
16	10/08/2012	10/09/2012	1	24	173	4152
17	12/05/2012	12/11/2012	6	144	57	1368
18	02/04/2013	02/21/2013	17	408	55	1320
19	04/30/2013	05/03/2013	3	72	68	1632
20	10/30/2013	11/01/2013	2	48	180	4320
21	06/09/2014	06/13/2014	4	96	220	5280
22	07/07/2014	07/14/2014	7	168	24	576
Jumlah			195	4680	2413	57912
Rata-rata			8,863636	212,7272	109,6818	2632,364

- ***Lean Amine Air Cooler (135-H-04)***

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	05/23/2007	05/27/2007	4	96	0	0
2	06/12/2007	06/16/2007	4	96	16	384
3	07/09/2007	07/14/2007	5	120	23	552
4	08/23/2007	08/27/2007	4	96	40	960
5	09/02/2008	09/06/2008	4	96	372	8928
6	02/23/2009	02/23/2009	1	24	170	4080
7	06/08/2009	06/08/2009	1	24	105	2520
8	08/03/2009	08/07/2009	4	96	56	1344
9	06/15/2010	06/29/2010	14	336	312	7488
10	08/16/2010	08/16/2010	1	24	48	1152
11	06/23/2011	06/24/2011	1	24	311	7464
12	11/26/2011	11/26/2011	1	24	155	3720
13	06/11/2012	11/08/2013	515	12360	198	4752
14	10/20/2014	10/20/2014	1	24	346	8304
Jumlah			603	14472	2113	50712
Rata-rata			28,714	689,143	100,62	2414,86

## A.6

### - *Amine Mechanical Filter (135-W-02)*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	04/27/2007	05/03/2007	6	144	0	0
2	05/05/2007	05/06/2007	1	24	2	48
3	01/18/2008	01/22/2008	4	96	257	6168
4	02/17/2008	02/21/2008	4	96	26	624
5	03/04/2008	03/08/2008	4	96	12	288
6	03/17/2008	03/17/2008	1	24	9	216
7	07/09/2008	07/09/2008	1	24	114	2736
8	07/15/2008	07/15/2008	1	24	6	144
9	07/18/2008	07/18/2008	1	24	3	72
10	07/19/2008	07/19/2008	1	24	1	24
11	07/21/2008	07/21/2008	1	24	2	48
12	08/19/2008	08/23/2008	4	96	29	696
13	09/14/2008	09/14/2008	1	24	22	528
14	11/10/2008	11/10/2008	1	24	57	1368
15	08/17/2009	08/21/2009	4	96	280	6720
16	09/01/2009	09/06/2009	5	120	11	264
17	12/31/2009	01/04/2010	4	96	116	2784
18	01/05/2010	01/05/2010	1	24	1	24
19	01/09/2010	01/13/2010	4	96	4	96
20	02/23/2010	02/23/2010	1	24	41	984
21	04/12/2010	04/12/2010	1	24	48	1152
22	05/14/2010	05/15/2010	1	24	32	768
23	05/28/2010	05/28/2010	1	24	13	312
24	07/14/2010	07/14/2010	1	24	47	1128
25	07/19/2010	07/19/2010	1	24	5	120
26	08/05/2010	08/05/2010	1	24	17	408
27	08/09/2010	08/09/2010	1	24	4	96
28	09/13/2010	09/13/2010	1	24	35	840
29	09/15/2010	09/15/2010	1	24	2	48
30	09/20/2010	09/20/2010	1	24	5	120
31	09/24/2010	09/24/2010	1	24	4	96
32	10/01/2010	10/01/2010	1	24	7	168
33	10/04/2010	10/04/2010	1	24	3	72
34	10/08/2010	10/08/2010	1	24	4	96
35	03/01/2011	03/01/2011	1	24	144	3456
36	03/02/2011	03/02/2011	1	24	1	24
37	08/22/2011	08/22/2011	1	24	173	4152
38	08/24/2011	08/24/2011	1	24	2	48
39	09/19/2011	09/19/2011	1	24	26	624
40	10/13/2011	10/13/2011	1	24	24	576
41	10/24/2011	10/24/2011	1	24	11	264
42	12/06/2011	12/06/2011	1	24	43	1032
Jumlah			85	2040	2775	66600
Rata-rata			1,574	37,778	51,389	1233,33

- ***Amine Carbon Filter (135-W-03)***

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	04/02/2009	04/02/2009	1	24	0	0
2	04/04/2009	04/08/2009	4	96	2	48
3	02/25/2010	01/12/2012	686	16464	323	7752
Jumlah			691	16584	325	7800
Rata-rata			230,33	5528	108,33	2600

- ***Solvent Filter (135-W-05)***

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	02/09/2008	02/13/2008	4	96	0	0
2	02/16/2008	02/20/2008	4	96	3	72
3	11/10/2008	11/10/2008	1	24	264	6336
4	03/26/2009	03/30/2009	4	96	136	3264
5	04/10/2009	05/03/2009	23	552	11	264
6	05/18/2009	05/24/2009	6	144	15	360
7	07/08/2009	07/10/2009	2	48	45	1080
8	08/12/2009	08/12/2009	1	24	33	792
9	08/17/2009	08/21/2009	4	96	5	120
10	09/22/2009	09/22/2009	1	24	32	768
11	11/23/2009	11/23/2009	1	24	62	1488
12	12/09/2009	12/09/2009	1	24	16	384
13	12/20/2009	12/24/2009	4	96	11	264
14	12/29/2009	01/02/2010	4	96	5	120
15	01/13/2010	01/14/2010	1	24	11	264
16	01/19/2010	01/19/2010	1	24	5	120
17	01/25/2010	01/29/2010	4	96	6	144
18	02/03/2010	02/07/2010	4	96	5	120
19	02/23/2010	02/23/2010	1	24	16	384
20	03/09/2010	03/13/2010	4	96	14	336
21	03/01/2011	03/01/2011	1	24	353	8472
22	03/02/2011	03/02/2011	1	24	1	24
23	06/08/2011	06/08/2011	1	24	98	2352
24	07/25/2011	07/25/2011	1	24	47	1128
25	08/05/2011	08/05/2011	1	24	11	264
26	08/22/2011	08/22/2011	1	24	17	408
27	09/01/2011	09/01/2011	1	24	10	240
28	09/05/2011	09/05/2011	1	24	4	96
29	09/07/2011	09/07/2011	1	24	2	48
30	10/13/2011	10/13/2011	1	24	36	864
31	10/24/2011	10/24/2011	1	24	11	264
32	10/31/2011	10/31/2011	1	24	7	168
33	01/17/2012	01/17/2012	1	24	78	1872
35	02/06/2012	02/06/2012	1	24	1	24
Jumlah			95	2280	2403	57672
Rata-rata			2,375	57	60,075	1441,8

- ***Amine Surge Vessel (135-V-02)***

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	06/18/2010	06/21/2010	3	72	0	0
2	06/29/2010	07/08/2010	9	216	8	192
3	10/28/2010	10/28/2010	1	24	112	2688
Jumlah			13	312	120	2880
Rata-rata			4,333	104	40	960

- ***Amine Regenerator Overhead Cooler (135-H-05)***

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	07/09/2007	07/14/2007	5	120	0	0
2	07/18/2008	07/18/2008	1	24	370	8880
3	11/27/2008	12/01/2008	4	96	132	3168
4	02/23/2009	02/23/2009	1	24	84	2016
5	03/13/2010	03/17/2010	4	96	383	9192
6	06/24/2010	06/25/2010	1	24	99	2376
Jumlah			16	384	1068	25632
Rata-rata			2,6667	64	178	4272

- ***Amine Reflux Pumps (135-P-02 A/B)***

*Amine reflux pumps A*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	09/23/2009	10/16/2009	23	552	0	0
2	12/27/2011	12/27/2011	1	24	802	19248
3	12/06/2012	12/06/2012	1	24	345	8280
4	03/25/2013	03/25/2013	1	24	109	2616
Jumlah			26	624	1256	30144
Rata-rata			6,5	156	314	7536

*Amine reflux pumps B*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	08/06/2007	08/06/2007	1	24	0	0
2	06/25/2009	07/18/2009	23	552	689	16536
3	08/01/2009	08/05/2009	4	96	14	336
4	04/18/2012	04/19/2012	1	24	987	23688
Jumlah			29	696	1690	40560
Rata-rata			7,25	174	422,5	10140

- ***Lean Amine Pumps (135-P-01 A/B)***

*Lean amine pumps A*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	08/18/2007	08/22/2007	4	96	0	0
2	09/28/2007	10/02/2007	4	96	37	888
3	12/01/2008	12/05/2008	4	96	426	10224
4	05/04/2009	05/04/2009	1	24	150	3600
5	06/04/2009	07/04/2009	30	720	31	744
6	09/28/2009	10/06/2009	8	192	86	2064
7	03/18/2010	03/18/2010	1	24	163	3912
8	03/24/2010	04/01/2010	8	192	6	144
9	12/28/2010	12/28/2010	1	24	271	6504
10	07/06/2011	07/08/2011	2	48	190	4560
11	10/11/2011	12/19/2011	69	1656	95	2280
12	03/09/2012	03/12/2012	3	72	81	1944
13	06/26/2012	06/26/2012	1	24	106	2544
14	09/04/2012	09/04/2012	1	24	70	1680
15	10/31/2012	11/03/2012	3	72	57	1368
16	11/20/2012	11/20/2012	1	24	17	408
17	12/21/2012	12/27/2012	6	144	31	744
18	01/20/2013	01/29/2013	9	216	24	576
19	03/14/2013	03/22/2013	8	192	44	1056
20	08/28/2013	09/03/2013	6	144	159	3816
21	12/10/2013	12/13/2013	3	72	98	2352
22	01/30/2014	02/04/2014	5	120	48	1152
23	04/24/2014	04/25/2014	1	24	79	1896
24	02/20/2015	02/25/2015	5	120	301	7224
Jumlah			184	4416	2570	61680
Rata-rata			7,6667	184	107,08	2570

*Lean amine pumps B*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	10/24/2007	10/24/2007	1	24	0	0
2	03/23/2009	03/23/2009	1	24	516	12384
3	09/28/2009	10/06/2009	8	192	189	4536
4	10/09/2009	10/13/2009	4	96	3	72
5	10/13/2009	11/05/2009	23	552	1	24
6	02/19/2010	02/19/2010	1	24	106	2544
7	05/10/2011	05/10/2011	1	24	445	10680
8	09/09/2011	09/21/2011	12	288	122	2928
9	02/21/2012	02/23/2012	2	48	153	3672
10	09/05/2012	09/05/2012	1	24	195	4680
11	10/18/2012	10/18/2012	1	24	43	1032
12	11/07/2012	11/13/2012	6	144	20	480
13	11/20/2012	11/22/2012	2	48	7	168
14	04/15/2013	04/15/2013	1	24	144	3456
15	09/09/2013	09/10/2013	1	24	147	3528
16	10/23/2014	10/29/2014	6	144	408	9792
Jumlah			71	1704	2499	59976
Rata-rata			4,4375	106,5	156,187	3748,5

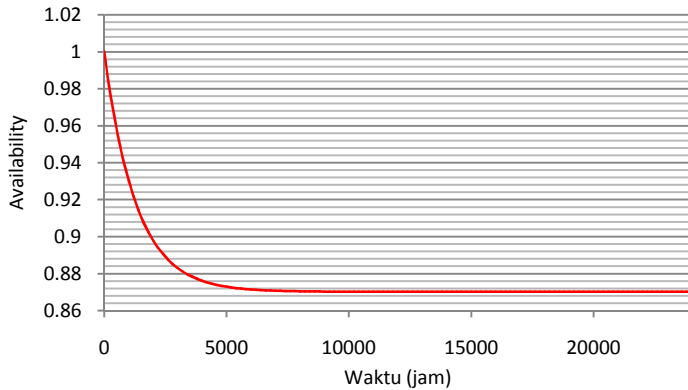
- *Amine Drain Vessel (135-V-14)*

No.	Bas. start date	Basic fin. Date	TTR (Day)	TTR (Hours)	TTF (Day)	TTF (Hours)
1	06/14/2007	06/19/2007	5	120	0	0
2	07/05/2007	07/09/2007	4	96	16	384
3	04/26/2011	04/26/2011	1	24	1387	33288
4	05/30/2013	06/27/2013	28	672	765	18360
Jumlah			10	240	1403	33672
Rata-rata			3,33333	80	467,67	11224

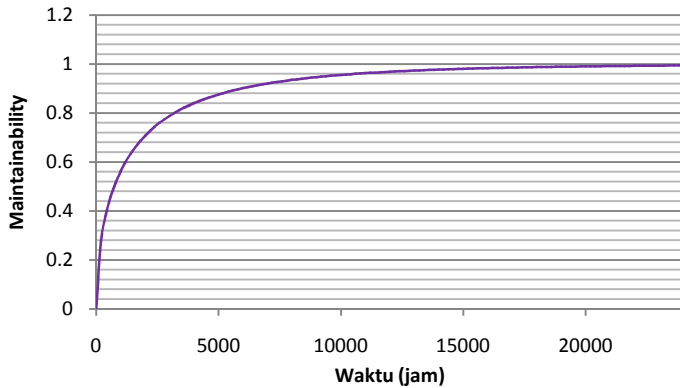
## LAMPIRAN B

Pada lampiran ini tercantum hasil pengolahan data *maintenance* untuk *availability* dan *maintainability* dari masing-masing komponen penyusun *gas sweetening system* ( $H_2S$  removal system) sebagai berikut :

- ***Amine Contactor Inlet Into KO Drum***



**Gambar B1.** *Availability* dari *Amine Contactor Inlet Into KO Drum*



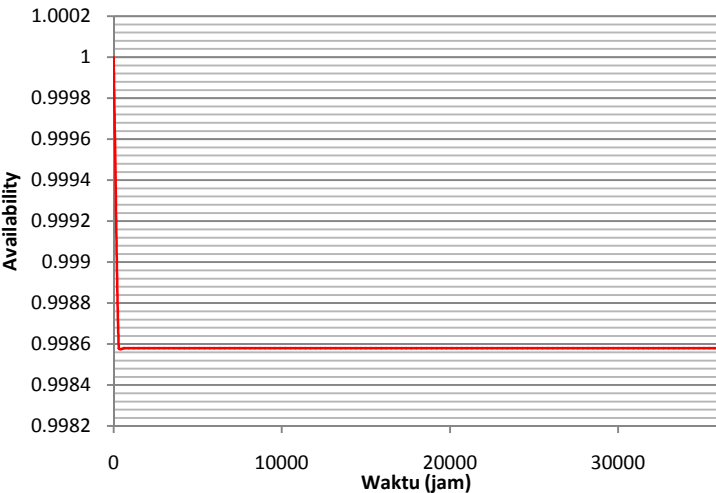
**Gambar B2.** *Maintainability* dari *Amine Contactor Inlet Into KO Drum*

B.2

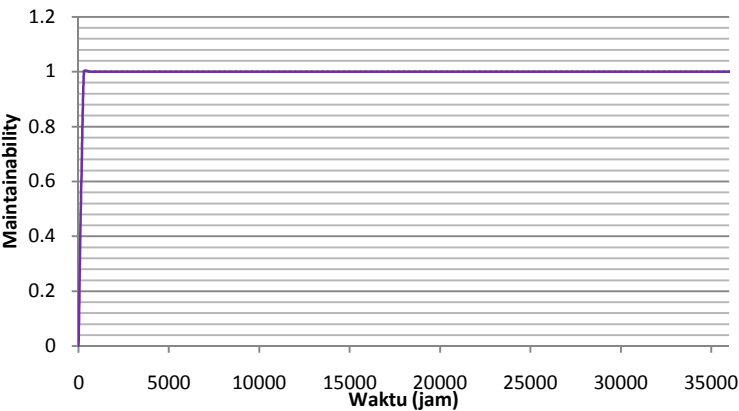
- **Mercury Removal System**

Bagian ini terdiri dari dua bagian proses yaitu *mercury guard beds* dan *dust filter*. Berikut hasil pengolahan data *maintenance* untuk *availability* dan *maintainability* bagian *mercury removal system*:

- **Mercury Guard Beds (135-V-15 A/B)**



**Gambar B3.** *Availability* dari *Mercury Guard Beds*



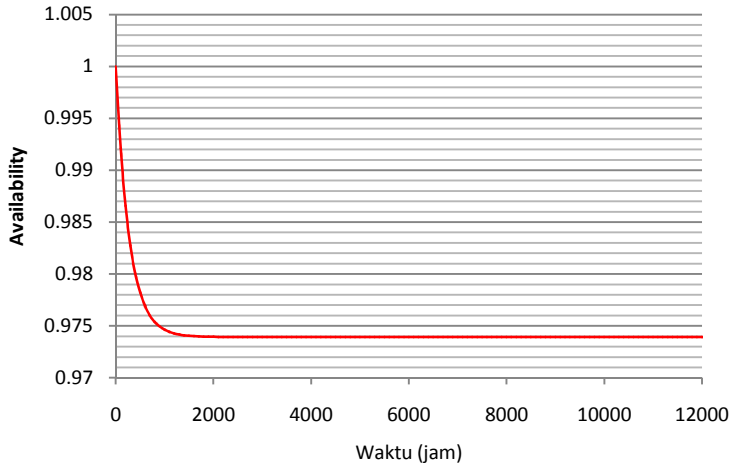
**Gambar B4.** *Maintainability* dari *Mercury Guard Beds*



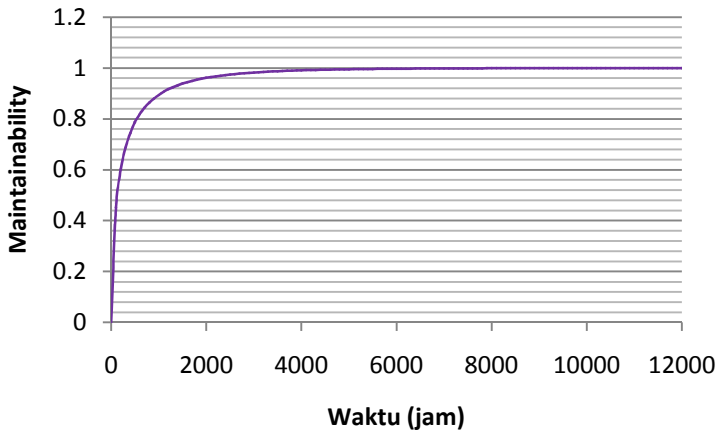
- ***Guard Beds Filter/Dust Filter (135-W-06 A/B)***

Terdapat dua buah *dust filter*, yakni dust filter A dan dust filter B, berikut hasil pengolahan data *maintenance* untuk *availability* dan *maintainability* dust filter :

*Dust Filter A*



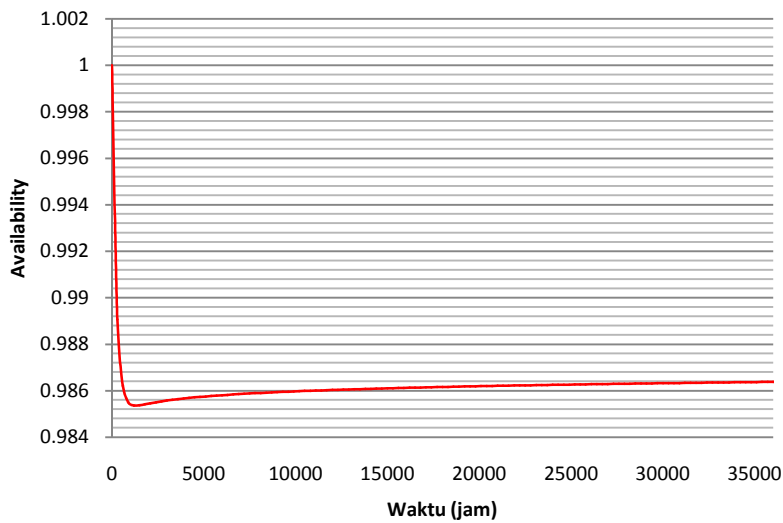
**Gambar B5.** *Availability* dari *Dust Filter A*



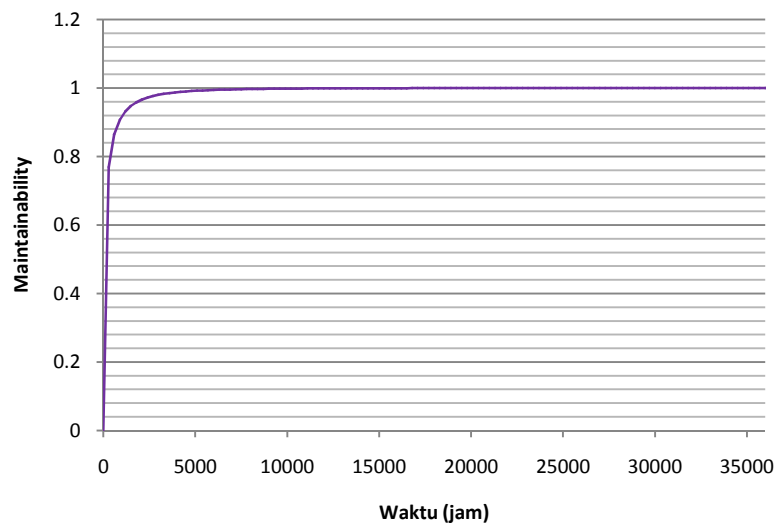
**Gambar B6.** *Maintainability* dari *Dust Filter A*

B.4

*Dust Filter B*

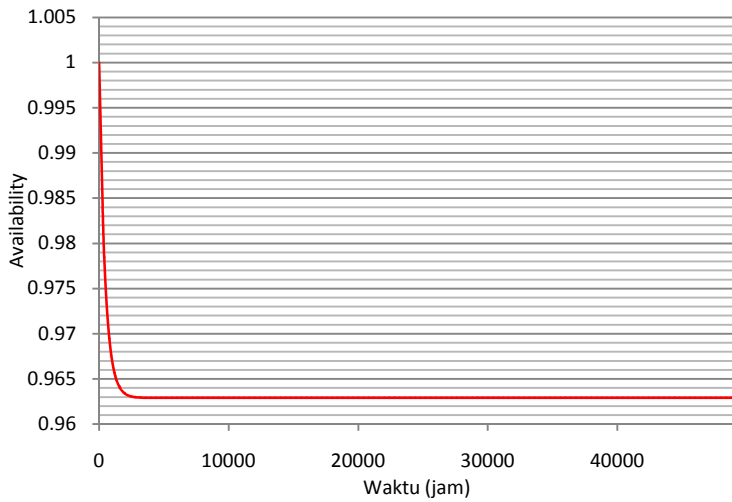


**Gambar B7.** *Availability* dari *Dust Filter B*

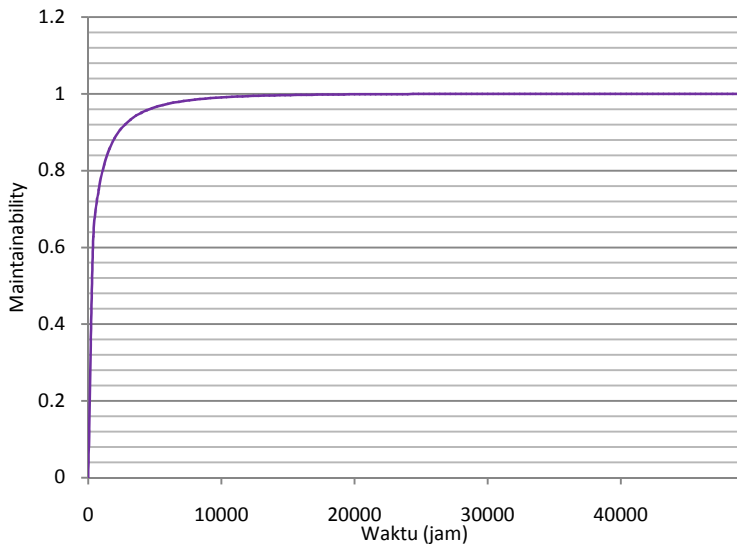


**Gambar B8.** *Maintainability* dari *Dust Filter B*

- ***Amine Contactor (135-V-06)***



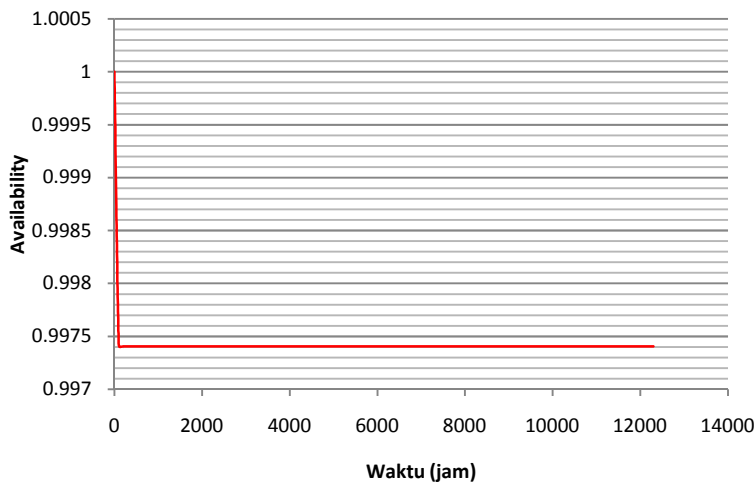
**Gambar B9.** *Availability dari Amine Contactor*



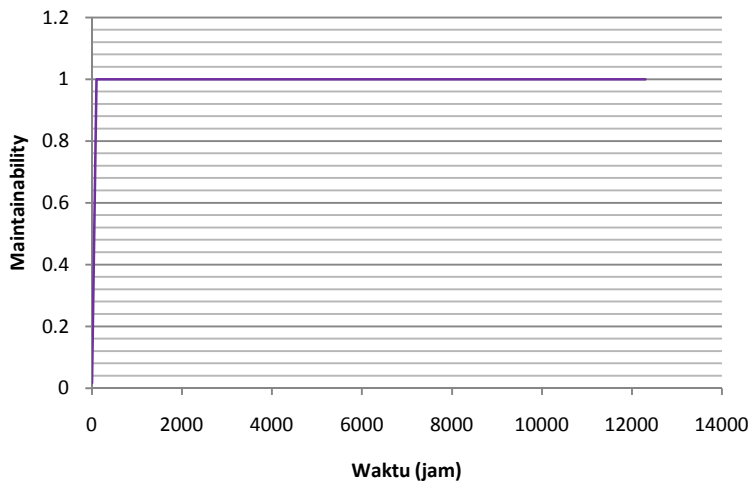
**Gambar B10.** *Maintainability dari Amine Contactor*

B.6

- Amine Overhead Gas KO Drum (135-V-09)***



**Gambar B11.** *Availability dari Amine Overhead Gas KO Drum*

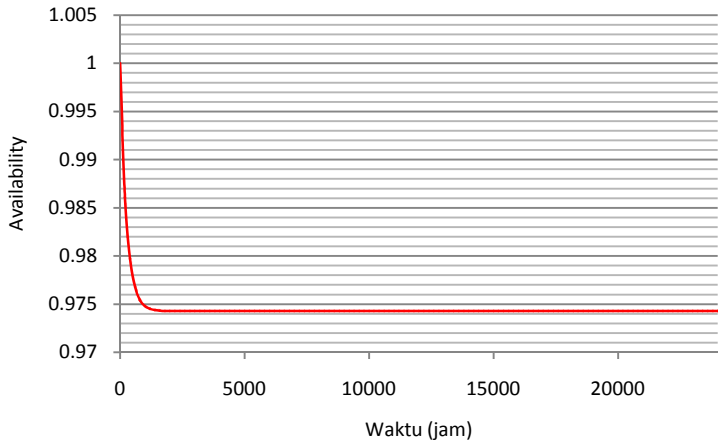


**Gambar B12.** *Maintainability dari Amine Overhead Gas KO Drum*

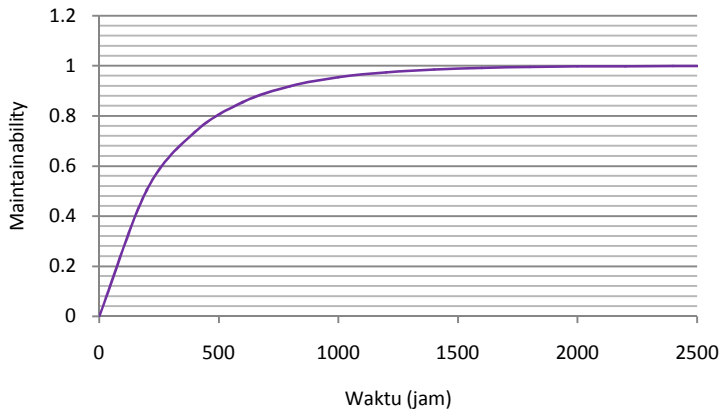
- ***Amine Regeneration Sistem***

Bagian ini tersusun atas beberapa bagian, berikut ini *availability* dan *maintainability* dari masing-masing bagian tersebut:

- ***Amine Flash Drum (135-V-10)***

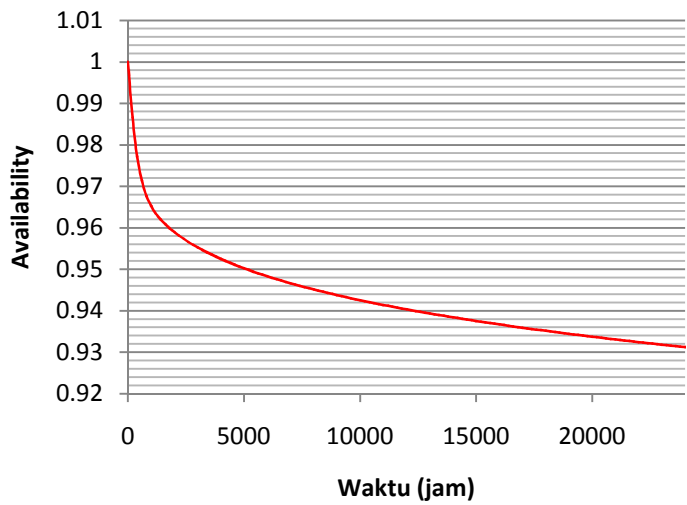


**Gambar B13.** *Availability* dari *Amine Flash Drum*

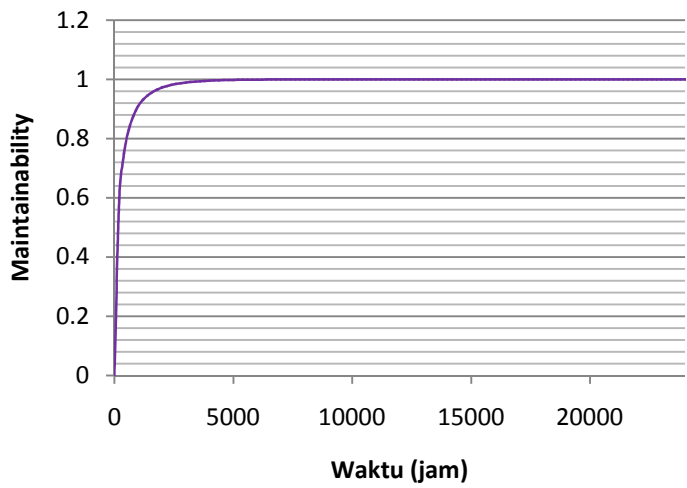


**Gambar B14.** *Maintainability* dari *Amine Flash Drum*

- *Rich Amine Filter (135-W-04)*



**Gambar B15.** *Availability* dari *Rich Amine Filter*

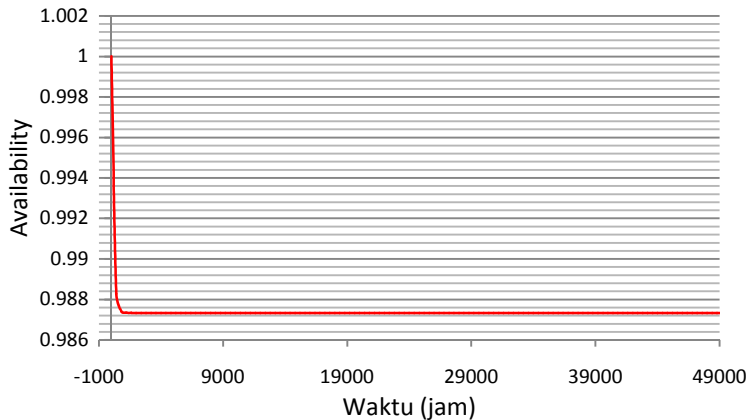


**Gambar B16.** *Maintainability* dari *Rich Amine Filter*

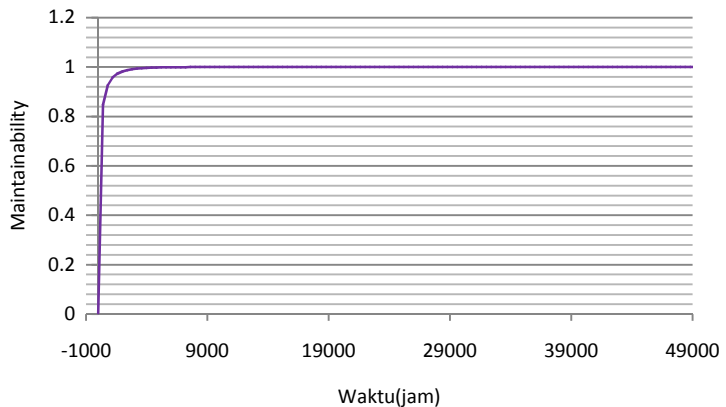
- ***Lean/Rich Amine Exchanger (135-H-02 A/B)***

Terdapat dua buah *lean/rich amine exchanger*, yakni *lean/rich amine exchanger A* dan *lean/rich amine exchanger B*, berikut hasil pengolahan data *maintenance* untuk *availability* dan *maintainability* dari *lean/rich amine exchanger* :

*Lean/rich amine exchanger A*

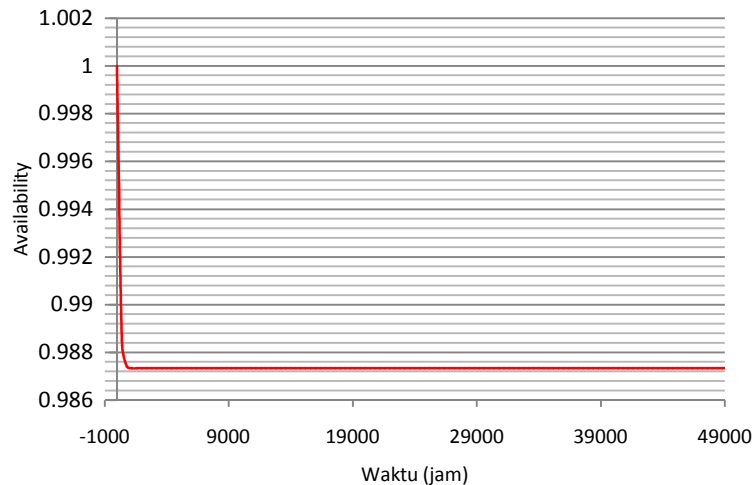


**Gambar B17.** *Availability dari Lean / Rich Amine Exchanger A*

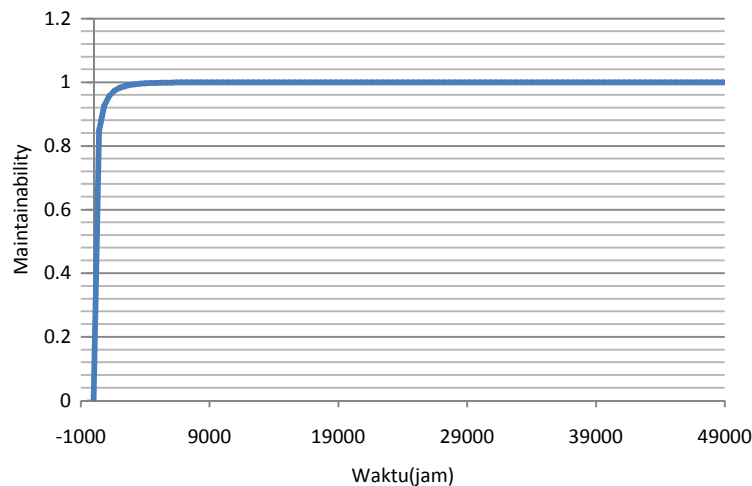


**Gambar B18.** *Maintainability dari Lean/Rich Amine Exchanger A*

*Lean/rich amine exchanger B*



**Gambar B19.** *Availability dari Lean / Rich Amine Exchanger B*

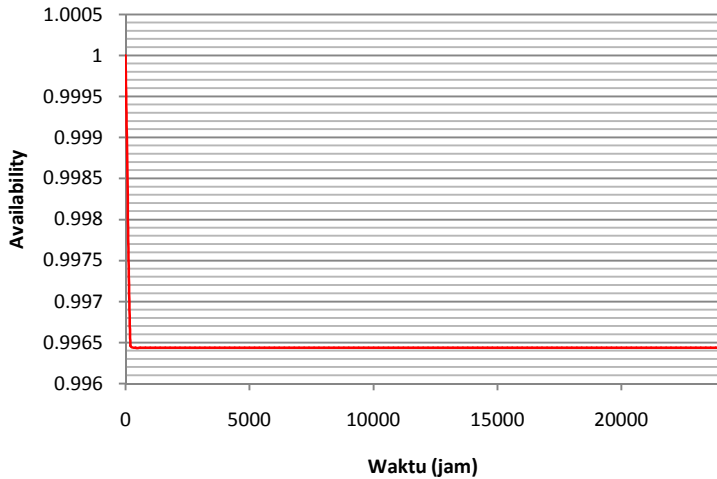


**Gambar B20.** *Maintainability dari Lean/Rich Amine Exchanger B*

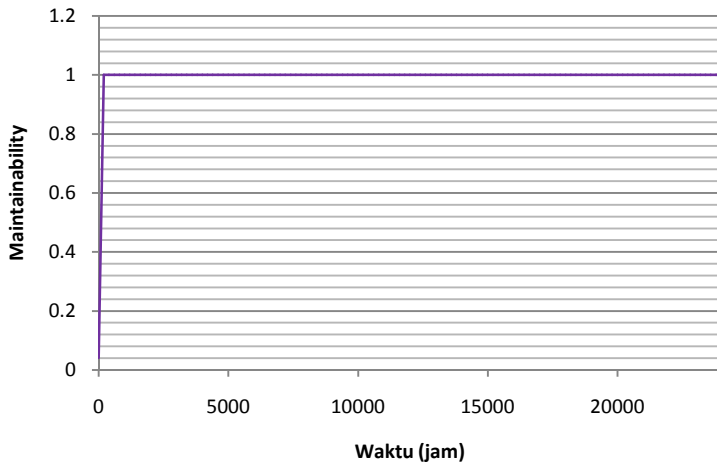


- ***Amine Regenerator (135-V-07)***

Pada unit ini dibantu *reboiler* untuk menjalankan kerjanya, berikut merupakan *availability* dan *maintainability* untuk *amine regenerator* :

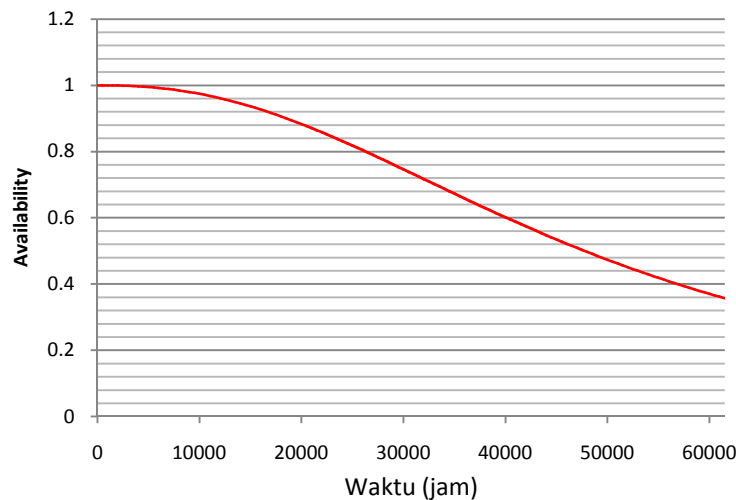


**Gambar B21.** *Availability* dari *Amine Regenerator*

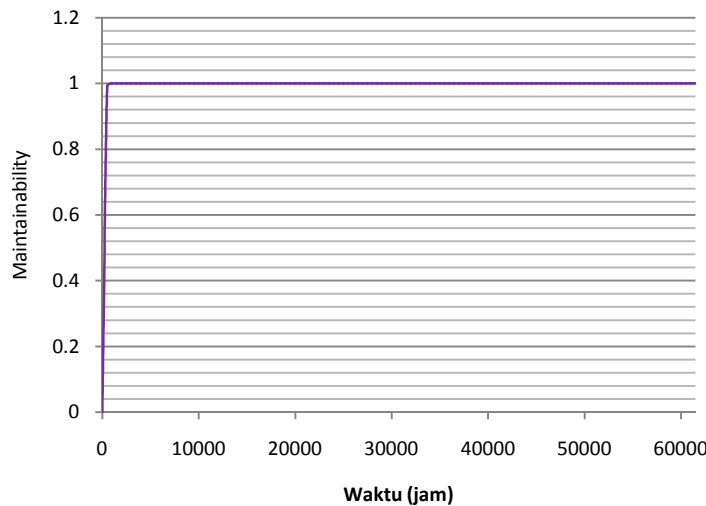


**Gambar B22.** *Maintainability* dari *Amine Regenerator*

*Amine Reboiler*



**Gambar B23.** *Availability dari Reboiler*

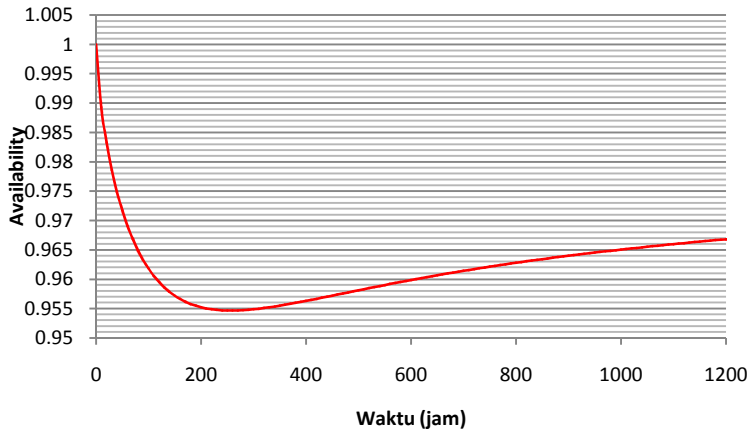


**Gambar B24.** *Maintainability dari Reboiler*

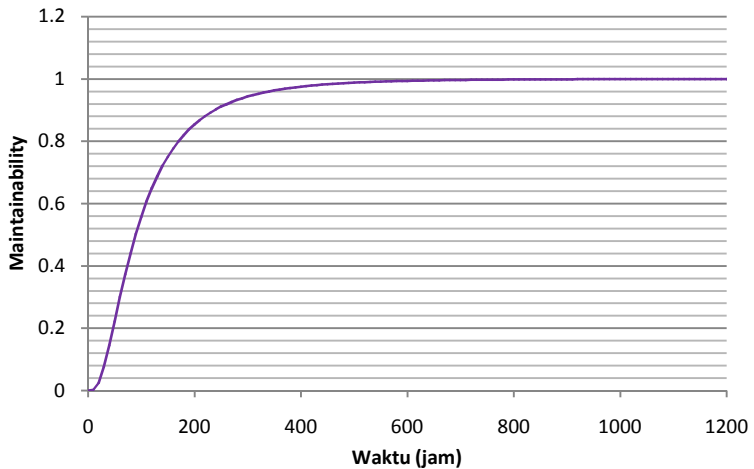
- ***Hot Lean Amine Pump (135-P-04 A/B)***

Pada bagian ini terdapat dua unit pompa yang digunakan yaitu *hot lean amine pump A* dan *hot lean amine pump B*, berikut *availability* dan *maintainability* dari *hot lean amine pump*

***Hot lean amine pump A***

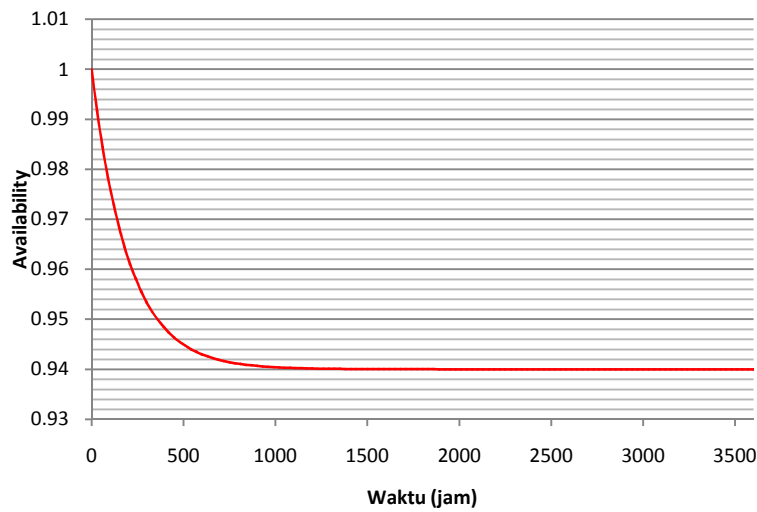


**Gambar B25.** *Availability* dari *hot lean amine pump A*

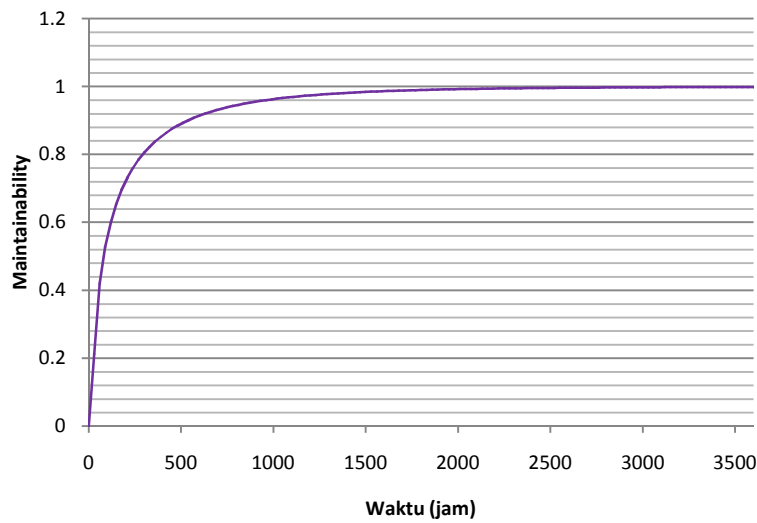


**Gambar B26.** *Maintainability* dari *hot lean amine pump A*

*Hot lean amine pump B*

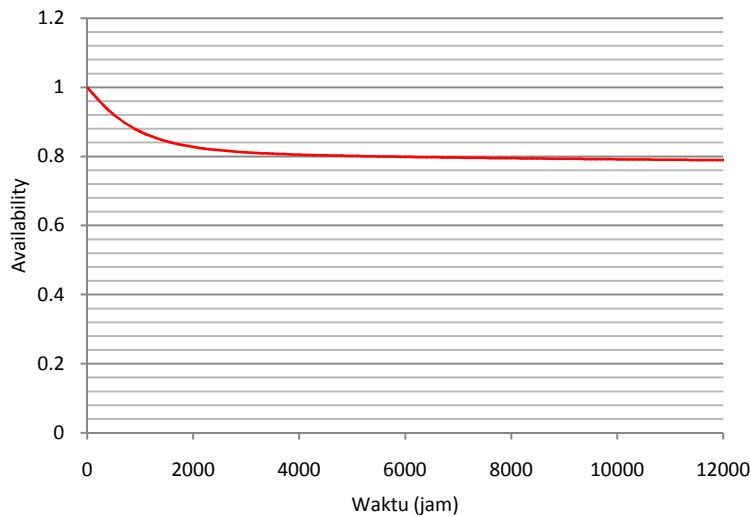


**Gambar B27.** *Availability* dari *hot lean amine pump B*

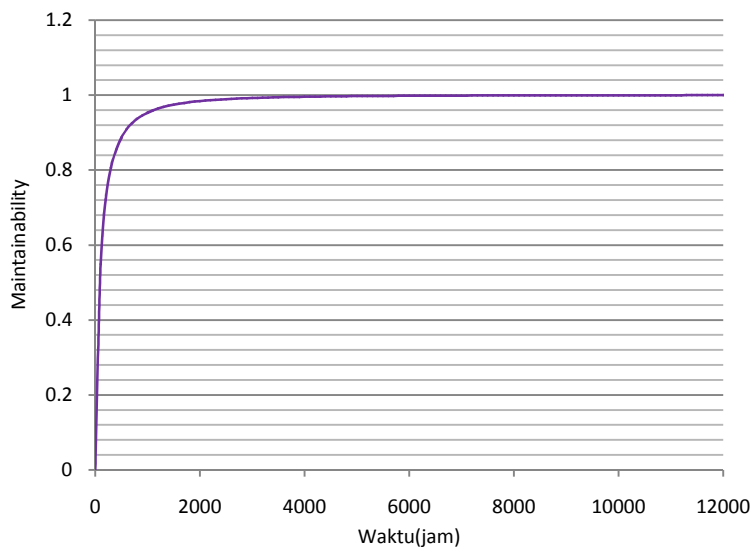


**Gambar B28.** *Maintainability* dari *hot lean amine pump B*

- ***Lean Amine Air Cooler (135-H-04)***

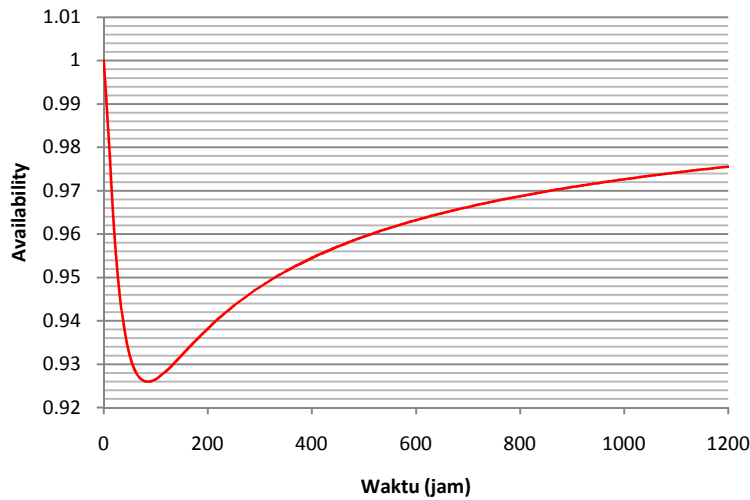


**Gambar B29.** *Availability dari lean amine air cooler*

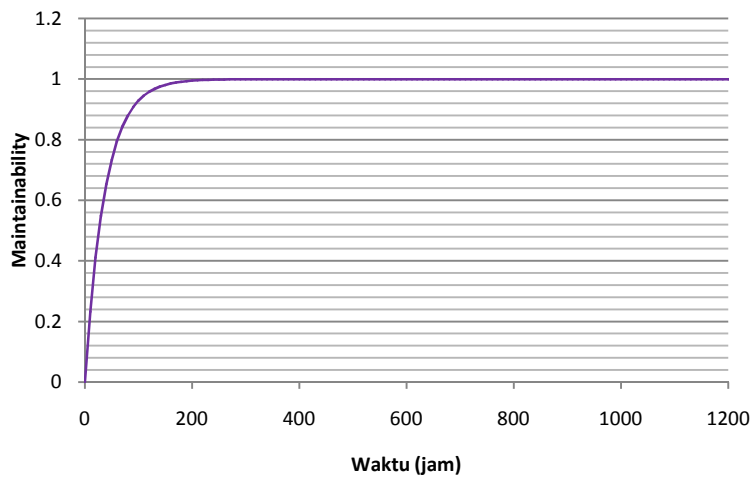


**Gambar B30.** *Maintainability dari lean amine air cooler*

- *Amine Mechanical Filter (135-W-02)*

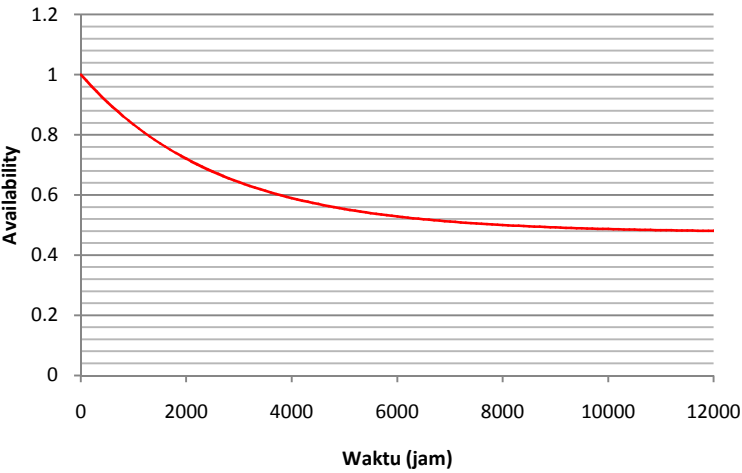


**Gambar B31.** *Availability dari amine mechanical filter*

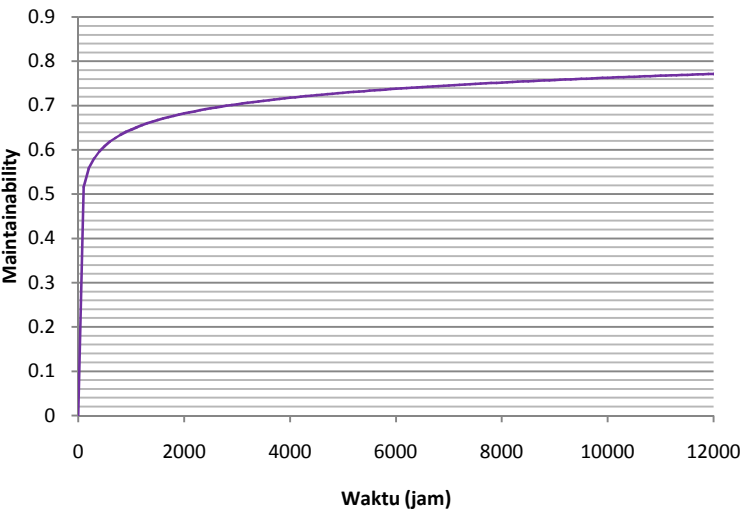


**Gambar B32.** *Maintainability dari amine mechanical filter*

- *Amine Carbon Filter (135-W-03)*

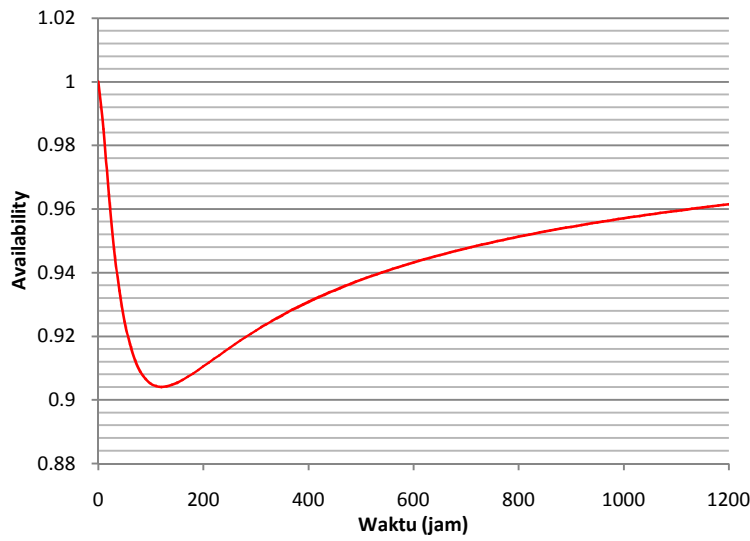


**Gambar B33.** *Availability dari amine carbon filter*

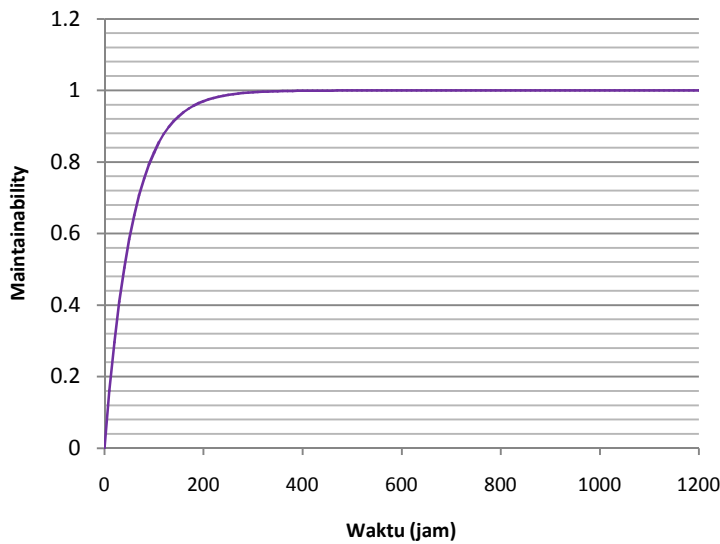


**Gambar B34.** *Maintainability dari amine carbon filter*

- *Solvent Filter (135-W-05)*



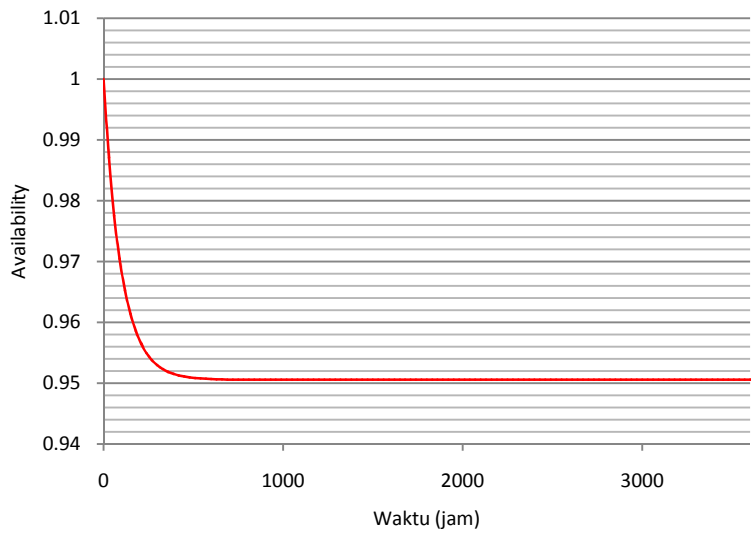
**Gambar B35.** *Availability dari solvent filter*



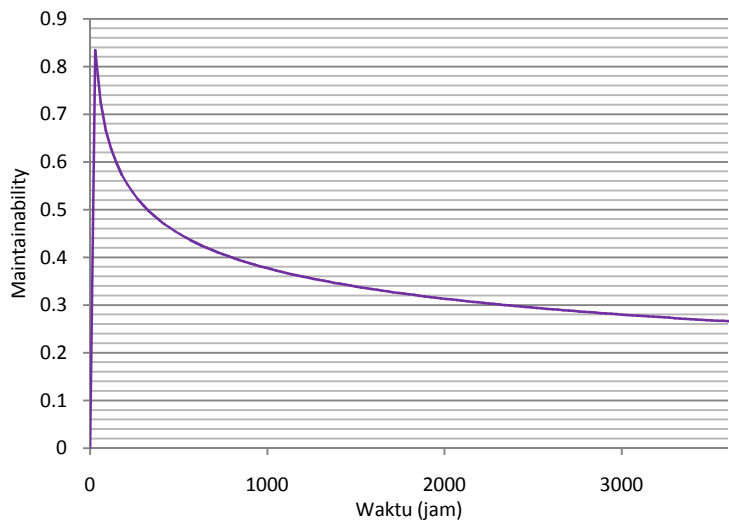
**Gambar B36.** *Maintainability dari solvent filter*



- *Amine Surge Vessel (135-V-02)*

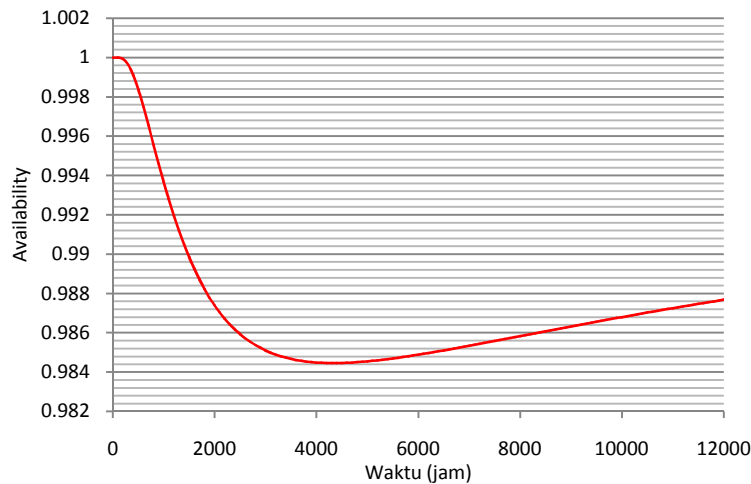


**Gambar B37.** *Availability dari Amine Surge Vessel*

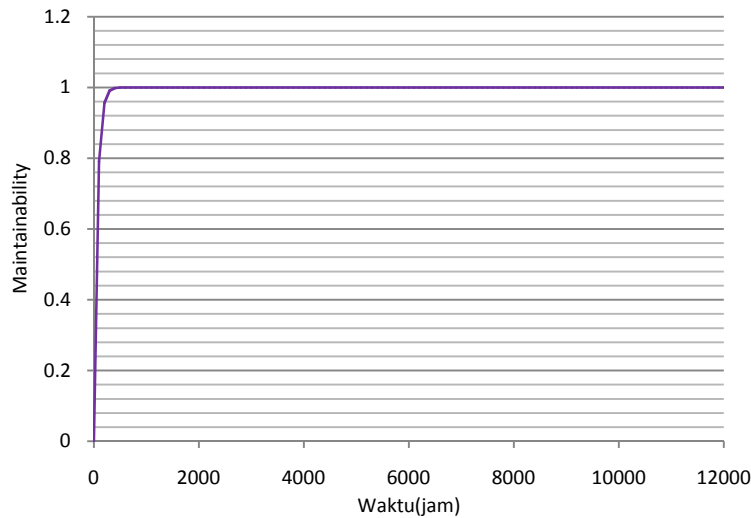


**Gambar B38.** *Maintainability dari Amine Surge Vessel*

- *Amine Regenerator Overhead Cooler (135-H-05)*

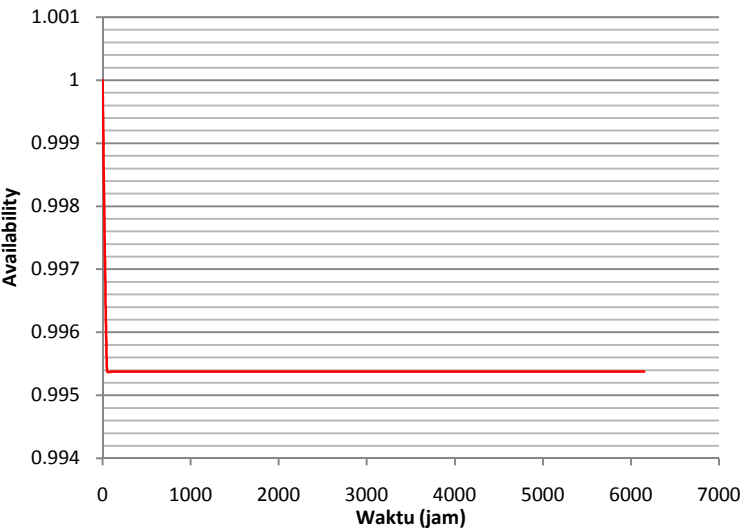


**Gambar B39.** *Availability dari Amine Regenerator Overhead Cooler*

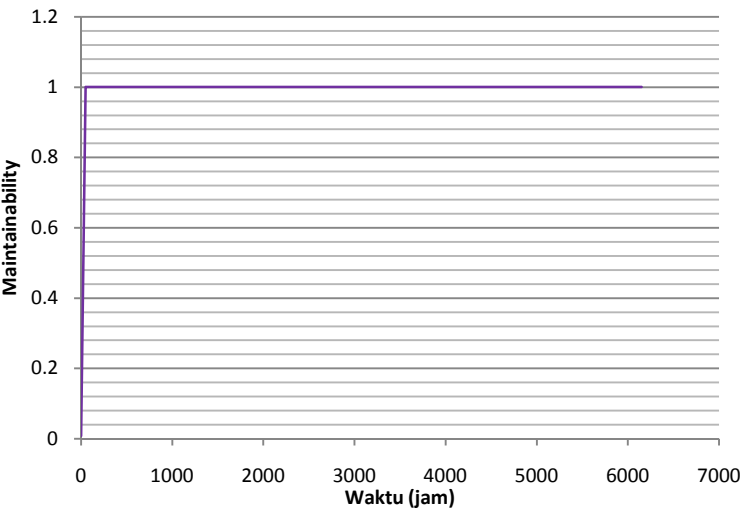


**Gambar B40.** *Maintainability dari Amine Regenerator Overhead Cooler*

- *Amine Reflux Drum (135-V-11)*



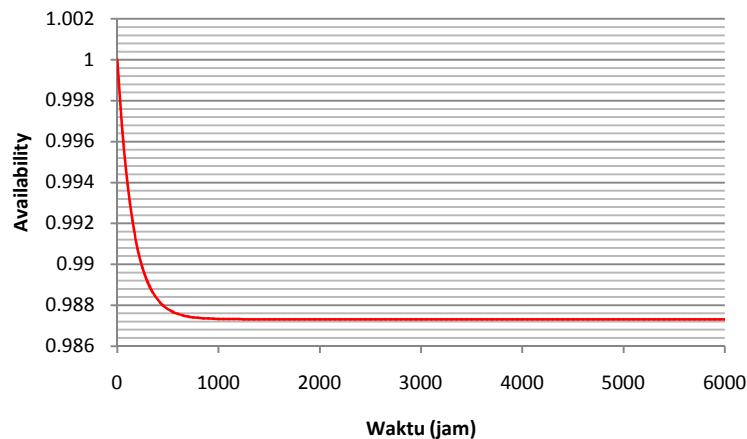
**Gambar B41.** *Availability dari Amine Reflux Drum*



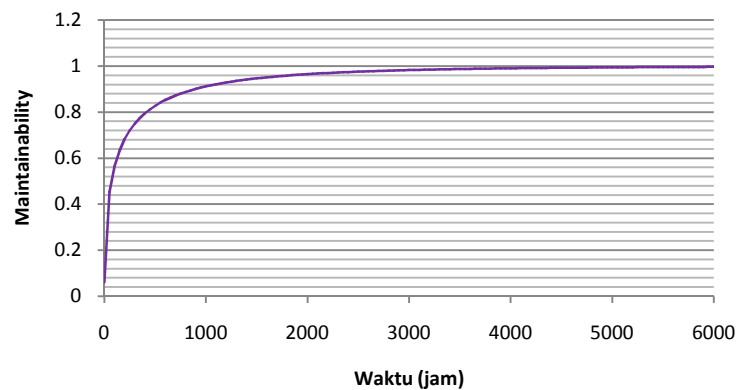
**Gambar B42.** *Maintainability dari Amine Reflux Drum*

- ***Amine Reflux Pumps (135-P-02 A/B)***  
Unit ini terdiri dari dua bagian utama yaitu *amine reflux pumps* A dan *amine reflux pumps* B. Berikut merupakan *availability* dan *maintainability* dari *amine reflux pumps* A dan B :

*Amine reflux pumps* A

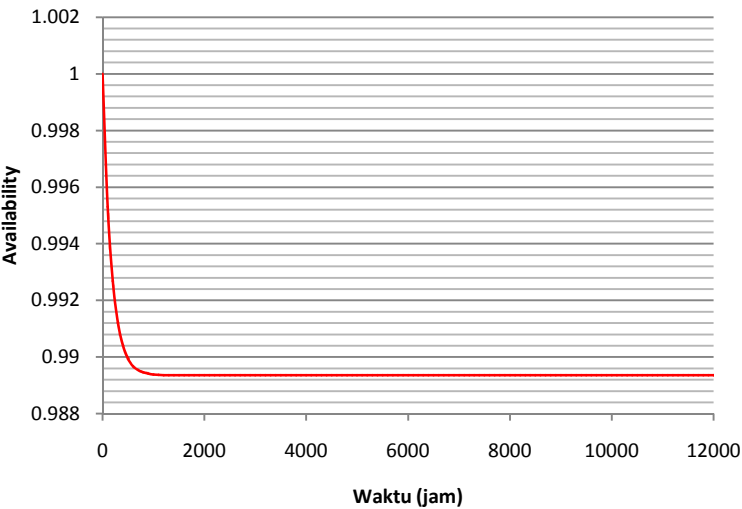


**Gambar B43.** *Availability* dari *Amine Reflux Pumps* A

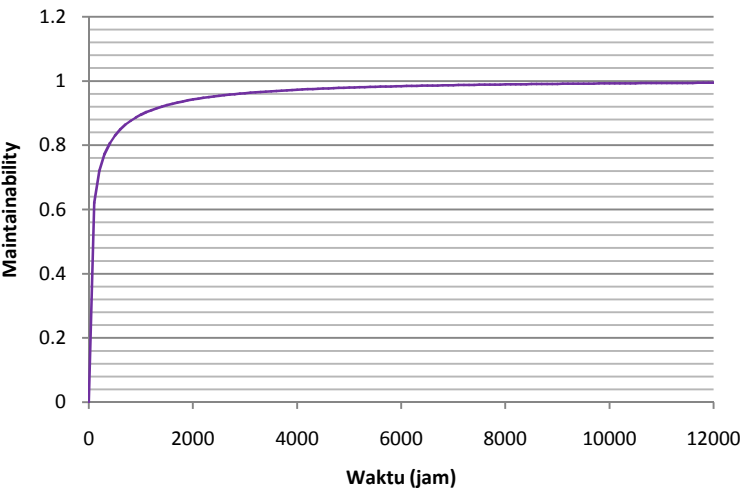


**Gambar B44.** *Maintainability* dari *Amine Reflux Pumps* A

*Amine reflux pumps B*



**Gambar B45.** *Availability* dari *Amine Reflux Pumps B*

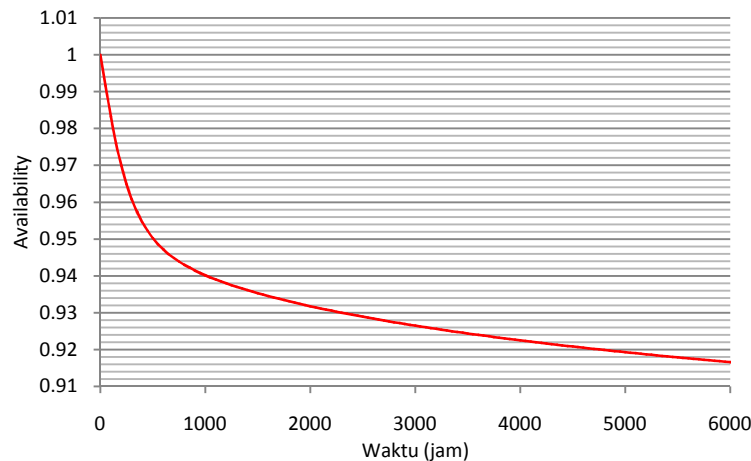


**Gambar B46.** *Maintainability* dari *Amine Reflux Pumps B*

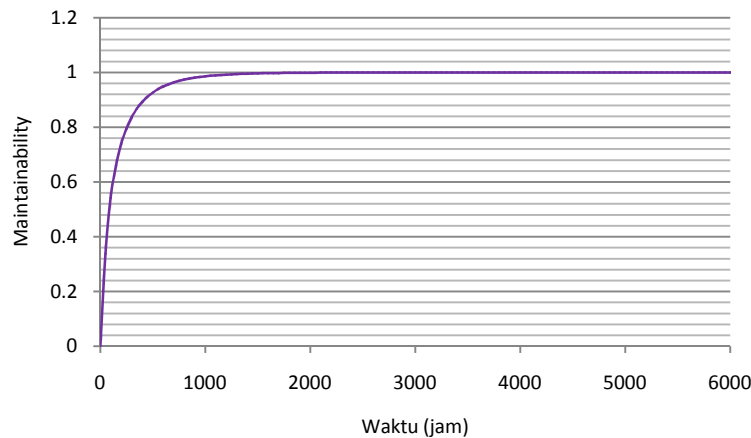
- ***Lean Amine Pumps (135-P-01 A/B)***

Unit ini terdiri dari dua bagian utama yaitu *lean amine pumps* A dan *lean amine pumps* B. Berikut merupakan hasil pengolahan data *maintenance* untuk *availability* dan *maintainability* dari *lean amine pumps* A dan B :

*Lean amine pumps* A

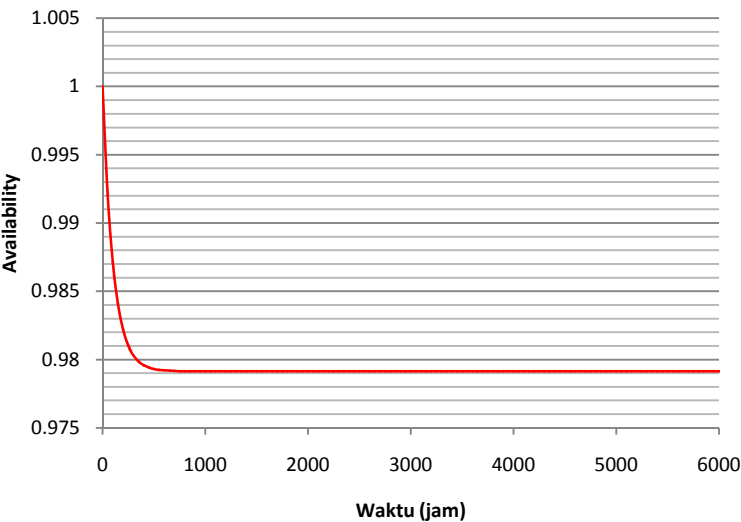


**Gambar B47.** *Availability* dari *Lean Amine Pumps* A

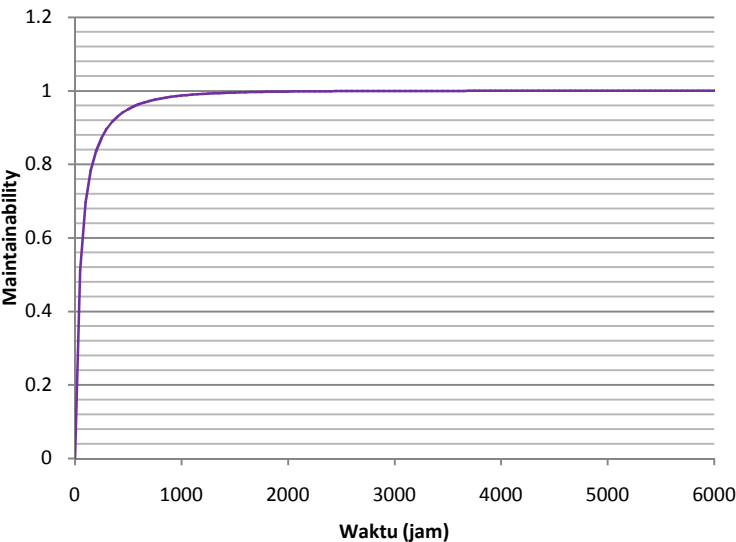


**Gambar B48.** *Maintainability* dari *Lean Amine Pumps* A

*Lean amine pumps B*

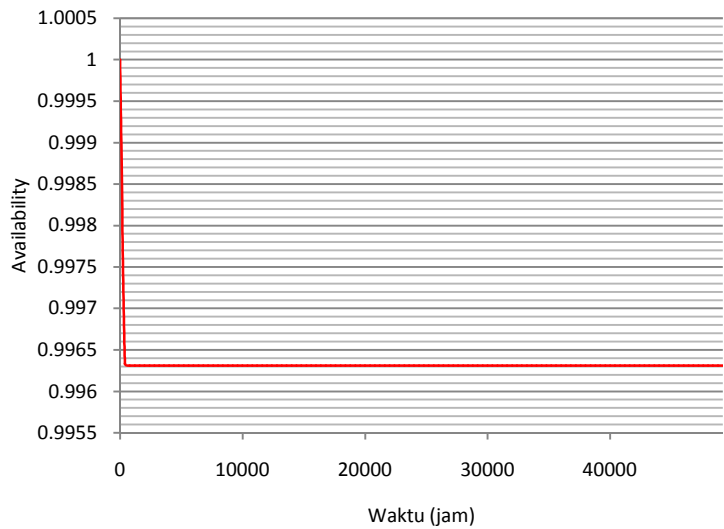


**Gambar B49.** *Availability dari Lean Amine Pumps B*

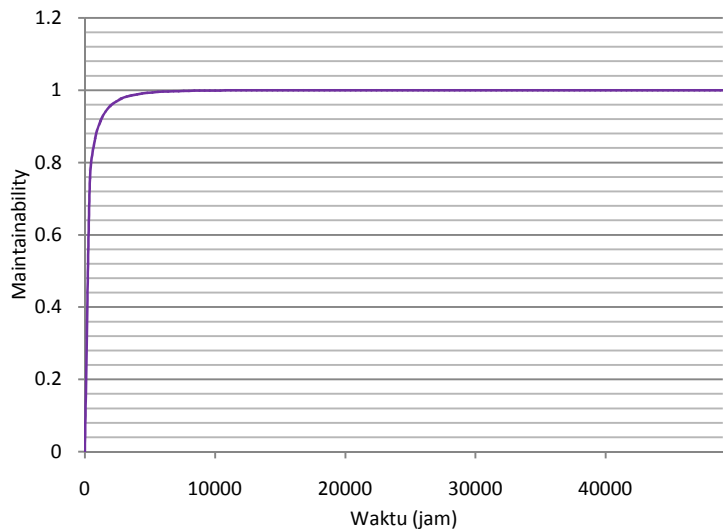


**Gambar B50.** *Maintainability dari Lean Amine Pumps B*

- *Amine Drain Vessel (135-V-14)*



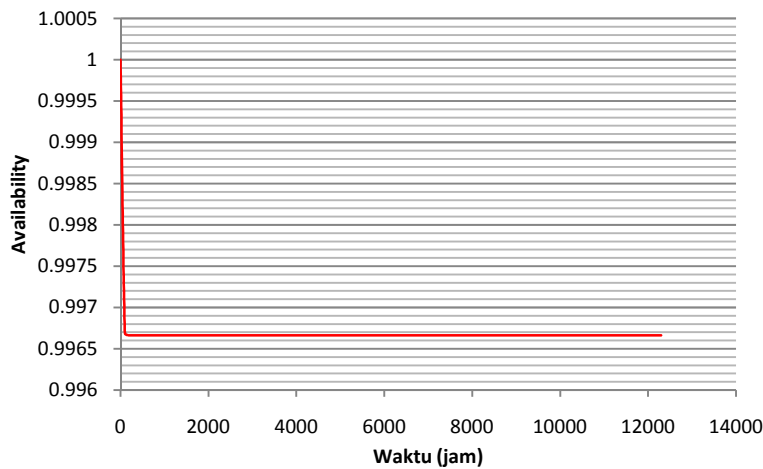
**Gambar B51.** *Availability dari Amine Drain Vessel*



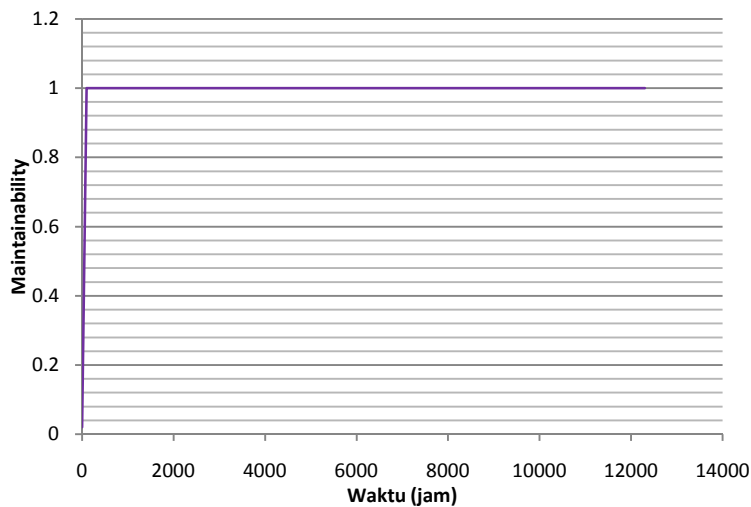
**Gambar B52.** *Maintainability dari Amine Drain Vessel*



- *Amine Drain Vessel Pump (135-P-07)*



**Gambar B53.** *Availability dari Amine Drain Vessel Pump*



**Gambar B54.** *Maintainability dari Amine Drain Vessel Pump*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN C

Pada lampiran ini tercantum hasil pengolahan data *maintenance* untuk *reliability*, *availability* dan *maintainability* dari masing-masing komponen penyusun *gas sweetening system* ( $H_2S$  removal system) sebagai berikut :

- ***Amine Contactor Inlet Into KO Drum***

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda(t)$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,0001	0,9999999	0,9999999	0,000284013	0,9999999
200	0,0001	0,98019867	0,98146433	0,277587067	0,98019867
400	0,0001	0,96078944	0,96557499	0,384335473	0,96078944
600	0,0001	0,94176453	0,95195416	0,458225843	0,94176453
800	0,0001	0,92311635	0,94027797	0,514984781	0,92311635
1000	0,0001	0,90483742	0,93026878	0,560888327	0,90483742
1200	0,0001	0,88692044	0,9216886	0,599202488	0,88692044
1400	0,0001	0,86935824	0,9143334	0,631880424	0,86935824
1600	0,0001	0,85214379	0,9080283	0,660196815	0,85214379
1800	0,0001	0,83527021	0,90262337	0,685035373	0,83527021
2000	0,0001	0,81873075	0,8979901	0,707036602	0,81873075
2200	0,0001	0,8025188	0,89401833	0,726680851	0,8025188
2400	0,0001	0,78662786	0,89061359	0,744338245	0,79999992
2600	0,0001	0,77105159	0,88769496	0,760300322	0,78415894
2800	0,0001	0,75578374	0,88519301	0,77480095	0,76863155
3000	0,0001	0,74081822	0,88304826	0,788030652	0,75341163
3200	0,0001	0,72614904	0,88120972	0,800146692	0,73849308
3400	0,0001	0,71177032	0,87963367	0,811280372	0,72386993
3600	0,0001	0,69767633	0,87828262	0,821542415	0,70953635
3800	0,0001	0,68386141	0,87712447	0,831027016	0,69548659
4000	0,0001	0,67032005	0,87613166	0,839814935	0,68171503
4200	0,0001	0,65704682	0,8752806	0,8479759	0,66821617

## C.2

- **Mercury Removal System**

Bagian ini terdiri dari dua bagian proses yaitu *mercury guard beds* dan *dust filter*. Berikut pengolahan data *maintenance* untuk *reliability*, *availability* dan *maintainability* bagian *mercury removal system*:

- **Mercury Guard Beds (135-V-15 A/B)**

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\Lambda(t)$	$R(t)$	$A(t)$	$M(t)$	
0,001	0,000059241	0,99999994	0,99999994	4,16658E-05	1
300	0,000059241	0,9823847	0,99858024	0,999996273	0,982384
600	0,000059241	0,96507969	0,99858023	1	0,96508
900	0,000059241	0,94807952	0,99858023	1	0,94808
1200	0,000059241	0,93137881	0,99858023	1	0,931379
1500	0,000059241	0,91497229	0,99858023	1	0,914972
1800	0,000059241	0,89885477	0,99858023	1	0,898854
2100	0,000059241	0,88302117	0,99858023	1	0,883021
2400	0,000059241	0,86746649	0,99858023	1	0,867466
2700	0,000059241	0,8521858	0,99858023	1	0,852186
3000	0,000059241	0,83717429	0,99858023	1	0,837174
3300	0,000059241	0,82242721	0,99858023	1	0,822427
3600	0,000059241	0,8079399	0,99858023	1	0,80794
3900	0,000059241	0,7937078	0,99858023	1	0,634966
4200	0,000059241	0,77972639	0,99858023	1	0,623781
4500	0,000059241	0,76599127	0,99858023	1	0,612793
4800	0,000059241	0,75249811	0,99858023	1	0,601998
5100	0,000059241	0,73924262	0,99858023	1	0,591394
5400	0,000059241	0,72622064	0,99858023	1	0,580977
5700	0,000059241	0,71342804	0,99858023	1	0,570742
6000	0,000059241	0,70086079	0,99858023	1	0,560689
6300	0,000059241	0,68851491	0,99858023	1	0,550812

- **Guard Beds Filter/Dust Filter (135-W-06 A/B)**

Terdapat dua buah *dust filter*, yakni dust filter A dan dust filter B, berikut pengolahan data *maintenance* untuk *reliability*, *availability* dan *maintainability* dust filter :

*Dust Filter A*

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,000094296	0,999999991	0,999999991	#NUM!	1
300	0,000094296	0,97210758	0,98273471	0,687297539	0,972108
600	0,000094296	0,94499315	0,97689856	0,818127019	0,944993
900	0,000094296	0,91863501	0,97492578	0,880181733	0,918635
1200	0,000094296	0,89301205	0,97425892	0,915860166	0,893012
1500	0,000094296	0,86810379	0,97403351	0,938458814	0,868104
1800	0,000094296	0,84389027	0,97395731	0,953666175	0,84389
2100	0,000094296	0,82035213	0,97393156	0,964341311	0,820352
2400	0,000094296	0,79747053	0,97392285	0,972075037	0,8
2700	0,000094296	0,77522715	0,97391991	0,977817627	0,777686
3000	0,000094296	0,75360419	0,97391891	0,982167499	0,755995
3300	0,000094296	0,73258434	0,97391857	0,985517272	0,734908
3600	0,000094296	0,71215079	0,97391846	0,988133152	0,71441
3900	0,000094296	0,69228719	0,97391842	0,990200588	0,694483
4200	0,000094296	0,67297762	0,97391841	0,991851735	0,675112
4500	0,000094296	0,65420665	0,97391841	0,993182614	0,656282
4800	0,000094296	0,63595924	0,9739184	0,994264165	0,64
5100	0,000094296	0,6182208	0,9739184	0,995149574	0,622149
5400	0,000094296	0,60097713	0,9739184	0,995879234	0,604796
5700	0,000094296	0,58421442	0,9739184	0,996484175	0,587926
6000	0,000094296	0,56791927	0,9739184	0,996988484	0,571528
6300	0,000094296	0,55207863	0,9739184	0,997411032	0,555586
6600	0,000094296	0,53667982	0,9739184	0,997766729	0,54009

## C.4

### *Dust Filter B*

t (hours)	Failure rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	8,6322E-05	0,99999991	0,99999991	#NUM!	1
300	6,4344E-05	0,98043045	0,98294736	0,768818153	0,98043
600	6,3313E-05	0,96185278	0,97018679	0,864977547	0,961853
900	6,2717E-05	0,94384601	0,96043414	0,907580307	0,943846
1200	6,2298E-05	0,92631442	0,95295231	0,93188734	0,926314
1500	6,1975E-05	0,90920855	0,94720557	0,947506379	0,909209
1800	6,1713E-05	0,89249643	0,94279103	0,958286538	0,892496
2100	6,1491E-05	0,87615479	0,93940187	0,966096608	0,876155
2400	6,13E-05	0,86016537	0,93680304	0,97195869	0,860165
2700	6,1132E-05	0,8445131	0,93481382	0,976479673	0,844513
3000	6,0982E-05	0,82918511	0,93329501	0,980042389	0,829185
3300	6,0847E-05	0,81417008	0,93213922	0,982899862	0,81417
3600	6,0724E-05	0,79945791	0,93126355	0,985225654	0,8
3900	6,0611E-05	0,78503939	0,93060392	0,98714249	0,784344
4200	6,0506E-05	0,77090606	0,93011085	0,988739373	0,769482
4500	6,0409E-05	0,75705007	0,92974605	0,990082254	0,755077
4800	6,0318E-05	0,74346406	0,92947994	0,99122091	0,741052
5100	6,0233E-05	0,73014112	0,92928965	0,99219352	0,727367
5400	6,0153E-05	0,7170747	0,9291575	0,993029784	0,713997
5700	6,0077E-05	0,70425858	0,92906984	0,993753096	0,700924
6000	6,0006E-05	0,69168681	0,92901611	0,994382086	0,688132
6300	5,9937E-05	0,67935371	0,92898816	0,994931747	0,67561
6600	5,9872E-05	0,66725383	0,92897972	0,995414249	0,663348
6900	5,981E-05	0,65538194	0,92898595	0,995839553	0,651336

• ***Amine Contactor (135-V-06)***

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,000080303	0,99999992	0,99999992	#NUM!	0,99999992
200	0,000080303	0,98406768	0,98696295	0,501156072	0,98406768
400	0,000080303	0,96838921	0,97850532	0,627867496	0,96838921
600	0,000080303	0,95296052	0,97301855	0,700911366	0,95296052
800	0,000080303	0,93777765	0,96945907	0,750564737	0,93777765
1000	0,000080303	0,92283668	0,9671499	0,787106104	0,92283668
1200	0,000080303	0,90813376	0,96565186	0,815323895	0,90813376
1400	0,000080303	0,89366508	0,96468003	0,837840156	0,89366508
1600	0,000080303	0,87942693	0,96404956	0,856242919	0,87942693
1800	0,000080303	0,86541562	0,96364055	0,871563283	0,86541562
2000	0,000080303	0,85162755	0,96337521	0,884505913	0,85162755
2200	0,000080303	0,83805915	0,96320308	0,89557174	0,83805915
2400	0,000080303	0,82470692	0,96309141	0,905128194	0,82470692
2600	0,000080303	0,81156743	0,96301896	0,913451753	0,81156743
2800	0,000080303	0,79863728	0,96297197	0,920754926	0,63890983
3000	0,000080303	0,78591314	0,96294148	0,927204014	0,62873051
3200	0,000080303	0,77339172	0,9629217	0,932931183	0,61871338
3400	0,000080303	0,7610698	0,96290887	0,938042881	0,60885584
3600	0,000080303	0,7489442	0,96290054	0,942625858	0,59915536
3800	0,000080303	0,73701178	0,96289514	0,946751545	0,58960943
4000	0,000080303	0,72526948	0,96289164	0,950479306	0,58021558
4200	0,000080303	0,71371425	0,96288937	0,953858888	0,5709714
4400	0,000080303	0,70234313	0,96288789	0,956932291	0,56187451
4600	0,000080303	0,69115318	0,96288693	0,959735216	0,55292254
4800	0,000080303	0,68014151	0,96288631	0,962298197	0,54411321
5000	0,000080303	0,66930528	0,96288591	0,964647502	0,53544422

## C.6

### • *Amine Overhead Gas KO Drum (135-V-09)*

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,00016251	0,99999984	0,99999984	6,2498E-05	1
100	0,00016251	0,98388034	0,99741151	0,998069546	0,98388
200	0,00016251	0,96802051	0,99740659	0,999996273	0,968021
300	0,00016251	0,95241635	0,99740658	0,999999993	0,952416
400	0,00016251	0,93706372	0,99740658	1	0,937064
500	0,00016251	0,92195856	0,99740658	1	0,921959
600	0,00016251	0,9070969	0,99740658	1	0,907097
700	0,00016251	0,8924748	0,99740658	1	0,892475
800	0,00016251	0,87808841	0,99740658	1	0,878088
900	0,00016251	0,86393392	0,99740658	1	0,863934
1000	0,00016251	0,85000759	0,99740658	1	0,850008
1100	0,00016251	0,83630575	0,99740658	1	0,836306
1200	0,00016251	0,82282478	0,99740658	1	0,822825
1300	0,00016251	0,80956112	0,99740658	1	0,809561
1400	0,00016251	0,79651127	0,99740658	1	0,8
1500	0,00016251	0,78367178	0,99740658	1	0,787104
1600	0,00016251	0,77103925	0,99740658	1	0,774416
1700	0,00016251	0,75861035	0,99740658	1	0,761933
1800	0,00016251	0,74638181	0,99740658	1	0,749651
1900	0,00016251	0,73435039	0,99740658	1	0,737567
2000	0,00016251	0,7225129	0,99740658	1	0,725678
2100	0,00016251	0,71086624	0,99740658	1	0,71398
2200	0,00016251	0,69940731	0,99740658	1	0,702471
2300	0,00016251	0,6881331	0,99740658	1	0,691147
2400	0,00016251	0,67704063	0,99740658	1	0,680006
2500	0,00016251	0,66612696	0,99740658	1	0,669045



- ***Amine Regeneration Sistem***

Bagian ini tersusun atas beberapa bagian, berikut ini pengolahan data *maintenance* untuk *reliability*, *availability* dan *maintainability* dari masing-masing bagian tersebut:

- ***Amine Flash Drum (135-V-10)***

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,0001	0,9999999	0,9999999	9,37114E-06	1
200	0,0001	0,98019867	0,9860983	0,504634898	0,980199
400	0,0001	0,96078944	0,97971021	0,7351965	0,960789
600	0,0001	0,94176453	0,97677476	0,854738979	0,941765
800	0,0001	0,92311635	0,97542587	0,919014393	0,923116
1000	0,0001	0,90483742	0,97480602	0,954315226	0,904837
1200	0,0001	0,88692044	0,9745212	0,973990682	0,88692
1400	0,0001	0,86935824	0,97439031	0,985080353	0,869358
1600	0,0001	0,85214379	0,97433017	0,991387002	0,852144
1800	0,0001	0,83527021	0,97430253	0,995000315	0,83527
2000	0,0001	0,81873075	0,97428983	0,997083674	0,818731
2200	0,0001	0,8025188	0,974284	0,998291529	0,802519
2400	0,0001	0,78662786	0,97428131	0,998995216	0,8
2600	0,0001	0,77105159	0,97428008	0,999406967	0,784159
2800	0,0001	0,75578374	0,97427951	0,999648845	0,768632
3000	0,0001	0,74081822	0,97427925	0,999791444	0,753412
3200	0,0001	0,72614904	0,97427914	0,99987579	0,738493
3400	0,0001	0,71177032	0,97427908	0,999925831	0,72387
3600	0,0001	0,69767633	0,97427905	0,999955604	0,709536
3800	0,0001	0,68386141	0,97427904	0,999973365	0,695487
4000	0,0001	0,67032005	0,97427904	0,999983986	0,681715
4200	0,0001	0,65704682	0,97427904	0,999990352	0,668216
4400	0,0001	0,64403642	0,97427903	0,999994176	0,654985

## C.8

### - *Rich Amine Filter (135-W-04)*

t (hours)	Failure rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	6,61E-06	0,99999999	0,99999999	#NUM!	1
200	9,56E-05	0,9844375	0,98659424	0,594901082	0,999593
400	0,000111	0,96414889	0,97713719	0,750255513	0,999053
600	0,000122	0,94190842	0,97135362	0,829341267	0,998448
800	0,000129	0,91852793	0,96771033	0,876993146	0,997797
1000	0,000136	0,8944499	0,96525393	0,908238156	0,997109
1200	0,000141	0,86996186	0,96345937	0,929838625	0,996391
1400	0,000146	0,84526824	0,96204674	0,945334404	0,995647
1600	0,000151	0,82052234	0,9608671	0,956762803	0,994879
1800	0,000155	0,7958431	0,95983976	0,965376238	0,994091
2000	0,000158	0,7713249	0,95891943	0,971983141	0,993284
2200	0,000162	0,74704374	0,95807941	0,977125478	0,99246
2400	0,000165	0,72306136	0,95730292	0,98117775	0,8
2600	0,000168	0,69942819	0,95657875	0,984405261	0,799674
2800	0,00017	0,67618545	0,95589888	0,986999919	0,799242
3000	0,000173	0,65336677	0,95525733	0,989103026	0,798758
3200	0,000175	0,63099941	0,95464939	0,990820236	0,798238
3400	0,000178	0,60910526	0,95407126	0,992231613	0,797687
3600	0,00018	0,58770162	0,95351982	0,993398552	0,797113
3800	0,000182	0,56680184	0,95299243	0,994368633	0,796518
4000	0,000184	0,54641588	0,95248686	0,995179075	0,795904
4200	0,000186	0,52655076	0,95200118	0,995859247	0,795273
4400	0,000188	0,50721092	0,95153371	0,996432502	0,794627
4600	0,00019	0,48839858	0,95108298	0,99691754	0,793968
4800	0,000192	0,47011398	0,95064772	0,997329434	0,64
5000	0,000193	0,45235571	0,95022679	0,997680406	0,63974

- **Lean/Rich Amine Exchanger (135-H-02 A/B)**

Terdapat dua buah *lean/rich amine exchanger*, yakni *lean/rich amine exchanger A* dan *lean/rich amine exchanger B*, berikut pengolahan data *maintenance* untuk *reliability*, *availability* dan *maintainability* dari *lean/rich amine exchanger* :

*Lean/rich amine exchanger A*

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,000082228	0,999999918	0,99999992	#NUM!	1
400	0,000082228	0,967643834	0,98827841	0,83963671	0,967644
800	0,000082228	0,936334589	0,98740518	0,923834414	0,936335
1200	0,000082228	0,906038391	0,98734013	0,956395569	0,906038
1600	0,000082228	0,876722462	0,98733528	0,972585541	0,876722
2000	0,000082228	0,848355084	0,98733492	0,98171918	0,848355
2400	0,000082228	0,820905565	0,9873349	0,987295035	0,820906
2800	0,000082228	0,794344208	0,98733489	0,990891411	0,8
3200	0,000082228	0,768642275	0,98733489	0,993308125	0,774115
3600	0,000082228	0,743771957	0,98733489	0,994984929	0,749068
4000	0,000082228	0,719706348	0,98733489	0,996178791	0,724831
4400	0,000082228	0,69641941	0,98733489	0,997047167	0,701378
4800	0,000082228	0,673885947	0,98733489	0,9976903	0,678684
5200	0,000082228	0,652081581	0,98733489	0,998174049	0,656724
5600	0,000082228	0,630982721	0,98733489	0,99854285	0,64
6000	0,000082228	0,610566539	0,98733489	0,998827369	0,619292
6400	0,000082228	0,590810947	0,98733489	0,999049188	0,599254
6800	0,000082228	0,571694569	0,98733489	0,999223763	0,579865
7200	0,000082228	0,553196725	0,98733489	0,999362329	0,561102
7600	0,000082228	0,535297399	0,98733489	0,999473164	0,542947
8000	0,000082228	0,517977228	0,98733489	0,999562445	0,52538
8400	0,000082228	0,50121747	0,98733489	0,999634828	0,512

*Lean/rich amine exchanger B*

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,0002	0,9999998	0,9999998	#NUM!	1
100	0,0002	0,98019867	0,99930265	0,787011805	0,980199
200	0,0002	0,96078944	0,99930265	0,860017805	0,960789
300	0,0002	0,94176453	0,99930265	0,893169176	0,941765
400	0,0002	0,92311635	0,99930265	0,913149249	0,923116
500	0,0002	0,90483742	0,99930265	0,926782547	0,904837
600	0,0002	0,88692044	0,99930265	0,936777809	0,88692
700	0,0002	0,86935824	0,99930265	0,944461358	0,869358
800	0,0002	0,85214379	0,99930265	0,950571008	0,852144
900	0,0002	0,83527021	0,99930265	0,955554432	0,83527
1000	0,0002	0,81873075	0,99930265	0,959701019	0,818731
1100	0,0002	0,8025188	0,99930265	0,96320711	0,802519
1200	0,0002	0,78662786	0,99930265	0,966211115	0,8
1300	0,0002	0,77105159	0,99930265	0,968813686	0,784159
1400	0,0002	0,75578374	0,99930265	0,971089927	0,768632
1500	0,0002	0,74081822	0,99930265	0,973097106	0,753412
1600	0,0002	0,72614904	0,99930265	0,974879716	0,738493
1700	0,0002	0,71177032	0,99930265	0,976472879	0,72387
1800	0,0002	0,69767633	0,99930265	0,977904715	0,709536
1900	0,0002	0,68386141	0,99930265	0,979198019	0,695487
2000	0,0002	0,67032005	0,99930265	0,980371473	0,681715
2100	0,0002	0,65704682	0,99930265	0,981440543	0,668216
2200	0,0002	0,64403642	0,99930265	0,982418141	0,654985
2300	0,0002	0,63128365	0,99930265	0,983315141	0,642015
2400	0,0002	0,61878339	0,99930265	0,984140762	0,64
2500	0,0002	0,60653066	0,99930265	0,984902877	0,627327

- ***Amine Regenerator (135-V-07)***

Pada unit ini dibantu *reboiler* untuk menjalankan kerjanya, berikut merupakan pengolahan data *maintenance* untuk *reliability*, *availability* dan *maintainability* untuk *amine regenerator* :

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,000064679	0,99999994	0,99999994	2,38092E-05	1
300	0,000064679	0,98078334	0,99729294	0,99920951	0,980783
600	0,000064679	0,96193596	0,99729084	0,999999375	0,961936
900	0,000064679	0,94345076	0,99729084	1	0,943451
1200	0,000064679	0,92532079	0,99729084	1	0,925321
1500	0,000064679	0,90753922	0,99729084	1	0,907539
1800	0,000064679	0,89009934	0,99729084	1	0,890099
2100	0,000064679	0,87299461	0,99729084	1	0,872995
2400	0,000064679	0,85621857	0,99729084	1	0,856219
2700	0,000064679	0,83976491	0,99729084	1	0,839765
3000	0,000064679	0,82362743	0,99729084	1	0,823627
3300	0,000064679	0,80780006	0,99729084	1	0,8078
3600	0,000064679	0,79227684	0,99729084	1	0,8
3900	0,000064679	0,77705193	0,99729084	1	0,784627
4200	0,000064679	0,76211958	0,99729084	1	0,769549
4500	0,000064679	0,74747419	0,99729084	1	0,754761
4800	0,000064679	0,73311023	0,99729084	1	0,740257
5100	0,000064679	0,7190223	0,99729084	1	0,726031
5400	0,000064679	0,7052051	0,99729084	1	0,712079
5700	0,000064679	0,69165341	0,99729084	1	0,698396
6000	0,000064679	0,67836214	0,99729084	1	0,684975
6300	0,000064679	0,66532629	0,99729084	1	0,671812
6600	0,000064679	0,65254094	0,99729084	1	0,658902

*Amine Reboiler*

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	1,4157E-20	1	1	0,098774703	1
500	2,4273E-07	0,99996347	0,99997496	1	0,999963
1000	1,2139E-06	0,99963468	0,99987378	1	0,999635
1500	3,1124E-06	0,99859569	0,99967641	1	0,998596
2000	6,0706E-06	0,99635208	0,99936905	1	0,996352
2500	1,0192E-05	0,99235937	0,99894111	1	0,992359
3000	1,5565E-05	0,98604271	0,99838384	1	0,986043
3500	2,2265E-05	0,97681662	0,99768981	1	0,976817
4000	3,0359E-05	0,96410716	0,99685261	1	0,964107
4500	3,9909E-05	0,94737716	0,9958666	1	0,947377
5000	5,0972E-05	0,92615456	0,99472687	1	0,926155
5500	6,3599E-05	0,90006278	0,99342912	1	0,900063
6000	7,7841E-05	0,86885194	0,99196959	1	0,868852
6500	9,3741E-05	0,83242852	0,99034504	1	0,832429
7000	0,00011134	0,79088114	0,9885527	1	0,8
7500	0,00013069	0,74449929	0,98659025	1	0,799971
8000	0,00015182	0,69378218	0,9844558	1	0,799708
8500	0,00017478	0,63943504	0,98214787	1	0,798877
9000	0,00019958	0,58235103	0,97966537	1	0,797082
9500	0,00022628	0,52357805	0,97700761	1	0,793887
10000	0,00025491	0,46427134	0,97417424	1	0,788834
10500	0,00028549	0,40563438	0,9711653	1	0,781453
11000	0,00031806	0,3488525	0,96798117	1	0,771286
11500	0,00035264	0,2950246	0,96462256	1	0,757902
12000	0,00038928	0,24509963	0,96109052	1	0,740924
12500	0,00042798	0,19982396	0,95738641	1	0,72005

- **Hot Lean Amine Pump (135-P-04 A/B)**

Pada bagian ini terdapat dua unit pompa yang digunakan yaitu *hot lean amine pump A* dan *hot lean amine pump B*, berikut pengolahan data *maintenance* untuk *reliability*, *availability* dan *maintainability* dari *hot lean amine pump*

**Hot lean amine pump A**

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,016957	0,99997594	0,99998304	7,38634E-51	0,999976
50	0,000696	0,95182238	0,97173237	0,221984321	0,951822
100	0,000567	0,922668	0,96178834	0,557019769	0,922668
150	0,000503	0,89842329	0,95717538	0,750195563	0,898423
200	0,000462	0,87704725	0,95520874	0,853679074	0,877047
250	0,000433	0,85766474	0,95465576	0,910679743	0,857665
300	0,00041	0,8397936	0,95486754	0,943406732	0,839794
350	0,000392	0,82313065	0,95548342	0,962964122	0,823131
400	0,000377	0,80746865	0,95629844	0,975076236	0,807469
450	0,000364	0,79265756	0,95719559	0,982815658	0,799981
500	0,000353	0,77858405	0,95810886	0,987898108	0,761458
550	0,000343	0,76515965	0,95900206	0,991316854	0,738134
600	0,000334	0,75231353	0,95985656	0,993665806	0,718739
650	0,000327	0,73998778	0,96066392	0,995310457	0,701638
700	0,000319	0,72813419	0,9614216	0,996481584	0,686132
750	0,000313	0,71671207	0,96213031	0,997328288	0,671835
800	0,000307	0,70568665	0,96279246	0,997948915	0,658505
850	0,000302	0,69502786	0,96341127	0,998409554	0,645975
900	0,000297	0,68470949	0,96399024	0,998755377	0,639985
950	0,000292	0,67470848	0,96453282	0,999017739	0,609166
1000	0,000288	0,66500441	0,96504229	0,999218716	0,590508
1050	0,000283	0,65557907	0,96552168	0,99937405	0,574991

***Hot lean amine pump B***

<b>t (hours)</b>	<b>Failure Rate</b>	<b>Reliability</b>	<b>Availability</b>	<b>Maintainability</b>	<b>Rm(t)</b>
	<b><math>\lambda</math></b>	<b>R(t)</b>	<b>A(t)</b>	<b>M(t)</b>	
0,001	0,0003	0,9999997	0,9999997	#NUM!	1
100	0,0003	0,97044553	0,97639276	0,553963061	0,970446
200	0,0003	0,94176453	0,96207548	0,720579089	0,941765
300	0,0003	0,91393119	0,95339234	0,804788448	0,913931
400	0,0003	0,88692044	0,94812621	0,856068758	0,88692
500	0,0003	0,86070798	0,94493241	0,890207639	0,860708
600	0,0003	0,83527021	0,94299544	0,914209183	0,83527
700	0,0003	0,81058425	0,9418207	0,931730319	0,810584
800	0,0003	0,78662786	0,94110825	0,944882095	0,8
900	0,0003	0,76337949	0,94067617	0,954970303	0,776356
1000	0,0003	0,74081822	0,94041412	0,96284472	0,753412
1100	0,0003	0,71892373	0,94025519	0,969080422	0,731145
1200	0,0003	0,69767633	0,9401588	0,974078907	0,709536
1300	0,0003	0,67705687	0,94010035	0,978127728	0,688566
1400	0,0003	0,65704682	0,94006489	0,98143726	0,668216
1500	0,0003	0,63762815	0,94004339	0,984164223	0,648467
1600	0,0003	0,61878339	0,94003035	0,986427202	0,64
1700	0,0003	0,60049558	0,94002244	0,988317149	0,621085
1800	0,0003	0,58274825	0,94001765	0,989904663	0,602729
1900	0,0003	0,56552544	0,94001474	0,991245132	0,584916
2000	0,0003	0,54881164	0,94001297	0,992382419	0,567629
2100	0,0003	0,5325918	0,9400119	0,993351564	0,550853
2200	0,0003	0,51685133	0,94001125	0,994180775	0,534573
2300	0,0003	0,50157607	0,94001086	0,994892921	0,518774



***Lean Amine Air Cooler (135-H-04)***

<b>t (hours)</b>	<b>Failure Rate</b>	<b>Reliability</b>	<b>Availability</b>	<b>Maintainability</b>	<b>Rm(t)</b>
	<b><math>\lambda</math></b>	<b>R(t)</b>	<b>A(t)</b>	<b>M(t)</b>	
0,001	7,1878E-05	0,99999993	0,99999993	1,08044E-14	0,99999993
100	0,00018711	0,98287296	0,98239292	0,548992772	0,98287296
200	0,0001982	0,96406228	0,96489188	0,722586927	0,96406228
300	0,000205	0,94480156	0,94869235	0,806198067	0,94480156
400	0,00020996	0,92539107	0,93393072	0,854965568	0,92539107
500	0,00021389	0,9059804	0,92057823	0,886562579	0,9059804
600	0,00021715	0,88665977	0,90855134	0,908470908	0,88665977
700	0,00021995	0,86748914	0,89774717	0,92440629	0,86748914
800	0,0002224	0,84851075	0,88805829	0,93641999	0,84851075
900	0,00022459	0,8297554	0,87937945	0,945733822	0,8297554
1000	0,00022657	0,81124607	0,87161092	0,953118676	0,81124607
1100	0,00022837	0,79300008	0,86465997	0,959083483	0,79999995
1200	0,00023003	0,77503059	0,85844143	0,963976776	0,78629837
1300	0,00023156	0,75734752	0,85287769	0,968044602	0,77124982
1400	0,00023299	0,73995827	0,84789848	0,971465153	0,75584124
1500	0,00023433	0,72286823	0,84344043	0,974370333	0,74031286
1600	0,00023559	0,70608118	0,83944663	0,976859646	0,72478432
1700	0,00023678	0,68959954	0,83586603	0,979009407	0,70932781
1800	0,00023791	0,67342463	0,83265299	0,98087901	0,69399131
1900	0,00023898	0,65755685	0,82976679	0,98251528	0,6788086
2000	0,00024	0,64199583	0,82717108	0,98395557	0,66380432
2100	0,00024098	0,62674053	0,82483352	0,985229988	0,64899686
2200	0,00024191	0,61178938	0,82272534	0,986363036	0,63999996
2300	0,0002428	0,59714031	0,82082096	0,987374826	0,6290387
2400	0,00024366	0,58279086	0,81909765	0,988281999	0,61699986
2500	0,00024449	0,56873823	0,81753524	0,989098424	0,604673

- ***Amine Mechanical Filter (135-W-02)***

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	1,05E-11	1	1	2,64702E-05	1
10	0,002136	0,98656042	0,98142174	0,232568368	0,98656
20	0,002555	0,96322084	0,96122821	0,41104869	0,963221
30	0,002643	0,93838725	0,94712534	0,548020135	0,938387
40	0,002628	0,9139416	0,93788415	0,653136355	0,913942
50	0,002576	0,89045711	0,93207253	0,733805867	0,890457
60	0,00251	0,86810071	0,92862123	0,795714202	0,868101
70	0,002439	0,84688908	0,92678296	0,843224617	0,846889
80	0,002369	0,82677984	0,9260424	0,879685612	0,82678
90	0,0023	0,80770828	0,92604443	0,907666933	0,807708
100	0,002235	0,78960327	0,92654371	0,929140683	0,8
110	0,002173	0,77239437	0,92737029	0,945620319	0,789248
120	0,002115	0,75601483	0,92840629	0,958267313	0,770577
130	0,00206	0,74040284	0,9295699	0,967973016	0,75071
140	0,002008	0,72550178	0,93080454	0,975421479	0,731153
150	0,001959	0,7112601	0,93207122	0,981137666	0,712366
160	0,001912	0,69763097	0,93334334	0,985524448	0,694481
170	0,001868	0,68457188	0,93460296	0,988891003	0,677511
180	0,001827	0,67204421	0,9358383	0,991474605	0,661424
190	0,001787	0,66001288	0,93704184	0,993457342	0,646167
200	0,00175	0,64844592	0,93820908	0,994978957	0,64
210	0,001714	0,63731419	0,9393376	0,996146693	0,631399
220	0,00168	0,62659104	0,94042643	0,99704285	0,616461
230	0,001648	0,6162521	0,94147559	0,99773059	0,600568
240	0,001617	0,60627497	0,94248573	0,998258383	0,584923
250	0,001588	0,59663909	0,94345797	0,998663428	0,569893

- ***Amine Carbon Filter (135-W-03)***

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,0002	0,9999998	0,9999998	#NUM!	1
100	0,0002	0,98019867	0,98037611	0,515842656	0,980199
200	0,0002	0,96078944	0,96148563	0,557791166	0,960789
300	0,0002	0,94176453	0,94330115	0,580695677	0,941765
400	0,0002	0,92311635	0,92579629	0,596556172	0,923116
500	0,0002	0,90483742	0,90894564	0,608699877	0,904837
600	0,0002	0,88692044	0,89272476	0,618539015	0,88692
700	0,0002	0,86935824	0,87711011	0,626807301	0,869358
800	0,0002	0,85214379	0,86207904	0,633935464	0,852144
900	0,0002	0,83527021	0,84760972	0,640198167	0,83527
1000	0,0002	0,81873075	0,83368118	0,645781389	0,818731
1100	0,0002	0,8025188	0,82027319	0,650816939	0,802519
1200	0,0002	0,78662786	0,80736631	0,655401652	0,8
1300	0,0002	0,77105159	0,79494179	0,659608771	0,784159
1400	0,0002	0,75578374	0,78298163	0,663495037	0,768632
1500	0,0002	0,74081822	0,77146846	0,667105305	0,753412
1600	0,0002	0,72614904	0,76038558	0,670475647	0,738493
1700	0,0002	0,71177032	0,7497169	0,673635505	0,72387
1800	0,0002	0,69767633	0,73944694	0,676609223	0,709536
1900	0,0002	0,68386141	0,72956081	0,679417161	0,695487
2000	0,0002	0,67032005	0,72004416	0,682076518	0,681715
2100	0,0002	0,65704682	0,71088318	0,684601952	0,668216
2200	0,0002	0,64403642	0,70206457	0,687006061	0,654985
2300	0,0002	0,63128365	0,69357555	0,68929975	0,642015

- ***Solvent Filter (135-W-05)***

<b>t (hours)</b>	<b>Failure Rate</b>	<b>Reliability</b>	<b>Availability</b>	<b>Maintainability</b>	<b>Rm(t)</b>
	<b><math>\lambda</math></b>	<b>R(t)</b>	<b>A(t)</b>	<b>M(t)</b>	
0,001	3,41E-13	1	1	1,75437E-05	1
10	0,00163	0,9906625	0,98516321	0,160911081	0,990662
20	0,002148	0,97167868	0,96449562	0,295929787	0,971679
30	0,002327	0,95003831	0,94741208	0,409222486	0,950038
40	0,002382	0,92787711	0,9343358	0,504285135	0,927877
50	0,002382	0,90601604	0,92460377	0,58405115	0,906016
60	0,002356	0,88479979	0,91749639	0,650981929	0,8848
70	0,002316	0,86436964	0,91241115	0,707142804	0,86437
80	0,002271	0,8447716	0,90887449	0,754266772	0,844772
90	0,002223	0,82600493	0,9065214	0,793807972	0,826005
100	0,002175	0,80804569	0,905072	0,826986554	0,646437
110	0,002127	0,79085881	0,90431175	0,854826335	0,8
120	0,00208	0,77440448	0,90407587	0,878186386	0,79253
130	0,002034	0,75864167	0,90423751	0,897787546	0,777343
140	0,001991	0,74353	0,90469877	0,914234663	0,760031
150	0,001949	0,72903068	0,90538395	0,928035256	0,742302
160	0,001909	0,71510703	0,90623444	0,939615181	0,724813
170	0,001871	0,70172468	0,90720481	0,949331767	0,70784
180	0,001834	0,68885157	0,90825985	0,957484847	0,691496
190	0,001799	0,6764579	0,9093723	0,964326007	0,675817
200	0,001765	0,66451604	0,91052107	0,970066348	0,528643
210	0,001733	0,65300036	0,91168992	0,974883004	0,517149
220	0,001702	0,64188711	0,91286636	0,978924607	0,64
230	0,001672	0,63115426	0,91404088	0,982315871	0,634024
240	0,001643	0,6207814	0,91520628	0,985161443	0,621874
250	0,001616	0,61074954	0,91635716	0,987549132	0,608025

- *Amine Surge Vessel (135-V-02)*

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,0005	0,9999995	0,9999995	#NUM!	1
50	0,0005	0,97530991	0,98037848	0,398896432	0,97531
100	0,0005	0,95122942	0,96854589	0,59229176	0,951229
150	0,0005	0,92774349	0,96141034	0,703028994	0,927743
200	0,0005	0,90483742	0,95710731	0,77558065	0,904837
250	0,0005	0,8824969	0,95451241	0,826297029	0,882497
300	0,0005	0,86070798	0,95294757	0,863197492	0,860708
350	0,0005	0,83945702	0,95200391	0,890803993	0,839457
400	0,0005	0,81873075	0,95143484	0,911891875	0,818731
450	0,0005	0,79851622	0,95109167	0,928265552	0,798516
500	0,0005	0,77880078	0,95088473	0,941148546	0,8
550	0,0005	0,75957212	0,95075993	0,951397622	0,780248
600	0,0005	0,74081822	0,95068467	0,959628229	0,760984
650	0,0005	0,72252735	0,95063929	0,966291768	0,742195
700	0,0005	0,70468809	0,95061192	0,971725102	0,72387
750	0,0005	0,68728928	0,95059541	0,976183343	0,705998
800	0,0005	0,67032005	0,95058546	0,979862149	0,688566
850	0,0005	0,65376979	0,95057946	0,982913242	0,671566
900	0,0005	0,63762815	0,95057584	0,98545542	0,654985
950	0,0005	0,62188506	0,95057366	0,987582504	0,638813
1000	0,0005	0,60653066	0,95057234	0,989369169	0,64
1050	0,0005	0,59155536	0,95057155	0,990875259	0,624198
1100	0,0005	0,57694981	0,95057107	0,992149042	0,608787
1150	0,0005	0,56270487	0,95057078	0,99322967	0,593756
1200	0,0005	0,54881164	0,95057061	0,994149069	0,579096
1250	0,0005	0,53526143	0,9505705	0,994933404	0,564798

- ***Amine Regenerator Overhead Cooler (135-H-05)***

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	3,99776E-81	1	1	1,56249E-05	1
300	5,76234E-06	0,99962953	0,99963474	0,990790318	0,99963
600	3,92754E-05	0,99350735	0,99749289	0,999915182	0,993507
900	8,48814E-05	0,97521628	0,99459694	0,999999219	0,975216
1200	0,000126784	0,94457469	0,99195111	0,999999993	0,944575
1500	0,000160504	0,90455194	0,98983217	1	0,904552
1800	0,000186216	0,85856336	0,98822255	1	0,858563
2100	0,000205314	0,80948616	0,98703032	1	0,809486
2400	0,00021926	0,75946744	0,98616153	1	0,8
2700	0,000229276	0,71000275	0,98553853	1	0,799704
3000	0,000236312	0,66207826	0,98510137	1	0,794806
3300	0,000241087	0,61630567	0,98480489	1	0,780173
3600	0,000244142	0,57303097	0,98461529	1	0,75566
3900	0,000245884	0,53241642	0,98450724	1	0,723642
4200	0,000246619	0,49450009	0,98446166	1	0,686851
4500	0,00024658	0,4592384	0,98446408	1	0,647589
4800	0,000245945	0,42653588	0,98450345	1	0,64
5100	0,000244852	0,39626598	0,98457127	1	0,639763
5400	0,000243406	0,36828529	0,98466096	1	0,635845
5700	0,000241691	0,34244324	0,98476741	1	0,624138
6000	0,000239771	0,31858859	0,98488659	1	0,604528
6300	0,000237697	0,29657356	0,98501535	1	0,578913
6600	0,00023551	0,27625652	0,98515117	1	0,549481
6900	0,000233242	0,25750348	0,98529209	1	0,518071

- *Amine Reflux Drum (135-V-11)*

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,00058015	0,99999942	0,99999942	0,000124992	0,999999
25	0,00058015	0,98560092	0,9955803	0,956063066	0,985601
50	0,00058015	0,97140918	0,9953889	0,998069546	0,971409
75	0,00058015	0,95742178	0,99538062	0,999915182	0,957422
100	0,00058015	0,94363579	0,99538026	0,999996273	0,943636
125	0,00058015	0,93004831	0,99538024	0,999999836	0,930048
150	0,00058015	0,91665647	0,99538024	0,999999993	0,916656
175	0,00058015	0,90345746	0,99538024	1	0,903457
200	0,00058015	0,89044851	0,99538024	1	0,890449
225	0,00058015	0,87762687	0,99538024	1	0,877627
250	0,00058015	0,86498986	0,99538024	1	0,86499
275	0,00058015	0,8525348	0,99538024	1	0,852535
300	0,00058015	0,84025909	0,99538024	1	0,840259
325	0,00058015	0,82816013	0,99538024	1	0,82816
350	0,00058015	0,81623539	0,99538024	1	0,816235
375	0,00058015	0,80448235	0,99538024	1	0,804482
400	0,00058015	0,79289855	0,99538024	1	0,8
425	0,00058015	0,78148154	0,99538024	1	0,788481
450	0,00058015	0,77022893	0,99538024	1	0,777127
475	0,00058015	0,75913834	0,99538024	1	0,765937
500	0,00058015	0,74820745	0,99538024	1	0,754909
525	0,00058015	0,73743395	0,99538024	1	0,744039
550	0,00058015	0,72681558	0,99538024	1	0,733325
575	0,00058015	0,71635011	0,99538024	1	0,722766
600	0,00058015	0,70603533	0,99538024	1	0,712359
625	0,00058015	0,69586907	0,99538024	1	0,702101

- ***Amine Reflux Pumps (135-P-02 A/B)***

Unit ini terdiri dari dua bagian utama yaitu *amine reflux pumps* A dan *amine reflux pumps* B. Berikut merupakan pengolahan data *maintenance* untuk *reliability*, *availability* dan *maintainability* dari *amine reflux pumps* A dan B :

*Amine reflux pumps* A

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,000082376	0,99999992	0,99999992	0,060683385	1
300	0,000082376	0,97559006	0,98424797	0,749757857	0,97559
600	0,000082376	0,95177597	0,97833681	0,852023366	0,951776
900	0,000082376	0,92854317	0,97611856	0,90036738	0,928543
1200	0,000082376	0,90587749	0,97528614	0,92833171	0,905877
1500	0,000082376	0,88376508	0,97497376	0,946246272	0,883765
1800	0,000082376	0,86219243	0,97485653	0,958477612	0,862192
2100	0,000082376	0,84114636	0,97481254	0,967206661	0,841146
2400	0,000082376	0,82061403	0,97479604	0,973644542	0,820614
2700	0,000082376	0,80058289	0,97478984	0,978515664	0,800583
3000	0,000082376	0,78104071	0,97478752	0,982277947	0,8
3300	0,000082376	0,76197556	0,97478664	0,985233567	0,780472
3600	0,000082376	0,74337578	0,97478632	0,987588917	0,761421
3900	0,000082376	0,72523002	0,97478619	0,989489026	0,742835
4200	0,000082376	0,7075272	0,97478615	0,991038247	0,724702
4500	0,000082376	0,69025651	0,97478613	0,992313207	0,707012
4800	0,000082376	0,67340739	0,97478612	0,993371158	0,689754
5100	0,000082376	0,65696956	0,97478612	0,994255542	0,672917
5400	0,000082376	0,64093297	0,97478612	0,99499976	0,656491
5700	0,000082376	0,62528783	0,97478612	0,995629807	0,640466
6000	0,000082376	0,6100246	0,97478612	0,996166131	0,64
6300	0,000082376	0,59513393	0,97478612	0,996624971	0,624378



*Amine reflux pumps B*

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,000061829	0,99999994	0,99999994	#NUM!	1
300	0,000061829	0,98162227	0,99121944	0,772789961	0,981622
600	0,000061829	0,96358228	0,98968241	0,849272232	0,963582
900	0,000061829	0,94587382	0,98941335	0,886492675	0,945874
1200	0,000061829	0,92849081	0,98936626	0,909316309	0,928491
1500	0,000061829	0,91142725	0,98935801	0,92493316	0,911427
1800	0,000061829	0,89467729	0,98935657	0,936344792	0,894677
2100	0,000061829	0,87823515	0,98935632	0,945061584	0,878235
2400	0,000061829	0,86209518	0,98935627	0,95193749	0,862095
2700	0,000061829	0,84625182	0,98935626	0,957495832	0,846252
3000	0,000061829	0,83069963	0,98935626	0,962076929	0,66456
3300	0,000061829	0,81543326	0,98935626	0,965912445	0,652347
3600	0,000061829	0,80044745	0,98935626	0,969165927	0,640358
3900	0,000061829	0,78573704	0,98935626	0,971956309	0,8
4200	0,000061829	0,77129697	0,98935626	0,97437225	0,785298
4500	0,000061829	0,75712228	0,98935626	0,976481236	0,770866
4800	0,000061829	0,74320809	0,98935626	0,978335567	0,756699
5100	0,000061829	0,72954962	0,98935626	0,979976413	0,742793
5400	0,000061829	0,71614215	0,98935626	0,981436625	0,729142
5700	0,000061829	0,70298108	0,98935626	0,982742737	0,715742
6000	0,000061829	0,69006188	0,98935626	0,983916412	0,56207
6300	0,000061829	0,67738011	0,98935626	0,984975507	0,551741
6600	0,000061829	0,6649314	0,98935626	0,985934873	0,541601
6900	0,000061829	0,65271147	0,98935626	0,986806954	0,531648
7200	0,000061829	0,64071611	0,98935626	0,987602258	0,521877
7500	0,000061829	0,62894121	0,98935626	0,988329713	0,512286

- ***Lean Amine Pumps (135-P-01 A/B)***

Unit ini terdiri dari dua bagian utama yaitu *lean amine pumps* A dan *lean amine pumps* B. Berikut merupakan pengolahan data *maintenance* untuk *reliability*, *availability* dan *maintainability* dari *lean amine pumps* A dan B :

*Lean amine pumps* A

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	2,26E-05	0,99999998	0,99999998	#NUM!	1
100	0,00022	0,98178835	0,98318648	0,541638713	0,981788
200	0,000252	0,95871848	0,96984241	0,738780366	0,958718
300	0,000274	0,93377993	0,9607269	0,836318302	0,93378
400	0,00029	0,9078293	0,95454275	0,892106875	0,907829
500	0,000303	0,88132801	0,95025252	0,926459736	0,881328
600	0,000314	0,85457225	0,94716208	0,948631764	0,854572
700	0,000323	0,82776977	0,94483179	0,963428914	0,82777
800	0,000332	0,80107406	0,94298931	0,97355863	0,801074
900	0,00034	0,77460218	0,94146715	0,980634808	0,8
1000	0,000347	0,74844522	0,94016209	0,985660676	0,785431
1100	0,000354	0,72267494	0,93900995	0,98928052	0,766975
1200	0,00036	0,69734816	0,93797014	0,991919101	0,747024
1300	0,000366	0,6725099	0,93701637	0,993862581	0,726263
1400	0,000371	0,64819567	0,9361311	0,995307299	0,705062
1500	0,000376	0,62443315	0,93530223	0,996390088	0,683658
1600	0,000381	0,60124356	0,93452107	0,997207617	0,662216
1700	0,000385	0,57864268	0,93378116	0,997829	0,640859
1800	0,00039	0,5566417	0,93307748	0,998304179	0,64
1900	0,000394	0,53524795	0,93240608	0,998669588	0,628345
2000	0,000398	0,51446541	0,93176368	0,998952033	0,61358
2100	0,000402	0,49429524	0,93114757	0,999171393	0,597619

*Lean amine pumps B*

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,0002	0,9999998	0,9999998	#NUM!	1
100	0,0002	0,98019867	0,98713801	0,696230442	0,980199
200	0,0002	0,96078944	0,98220815	0,836353295	0,960789
300	0,0002	0,94176453	0,9803186	0,896920072	0,941765
400	0,0002	0,92311635	0,97959435	0,929964657	0,923116
500	0,0002	0,90483742	0,97931675	0,950119937	0,904837
600	0,0002	0,88692044	0,97921036	0,963282405	0,88692
700	0,0002	0,86935824	0,97916957	0,972292689	0,869358
800	0,0002	0,85214379	0,97915394	0,97867956	0,852144
900	0,0002	0,83527021	0,97914795	0,983331257	0,83527
1000	0,0002	0,81873075	0,97914566	0,986793911	0,818731
1100	0,0002	0,8025188	0,97914477	0,989418338	0,802519
1200	0,0002	0,78662786	0,97914444	0,991437923	0,8
1300	0,0002	0,77105159	0,97914431	0,993012456	0,784159
1400	0,0002	0,75578374	0,97914426	0,994254004	0,768632
1500	0,0002	0,74081822	0,97914424	0,995242795	0,753412
1600	0,0002	0,72614904	0,97914423	0,996037286	0,738493
1700	0,0002	0,71177032	0,97914423	0,996680738	0,72387
1800	0,0002	0,69767633	0,97914423	0,997205604	0,709536
1900	0,0002	0,68386141	0,97914423	0,997636525	0,695487
2000	0,0002	0,67032005	0,97914423	0,99799242	0,681715
2100	0,0002	0,65704682	0,97914423	0,998287954	0,668216
2200	0,0002	0,64403642	0,97914423	0,998534596	0,654985
2300	0,0002	0,63128365	0,97914423	0,998741392	0,642015

- *Amine Drain Vessel (135-V-14)*

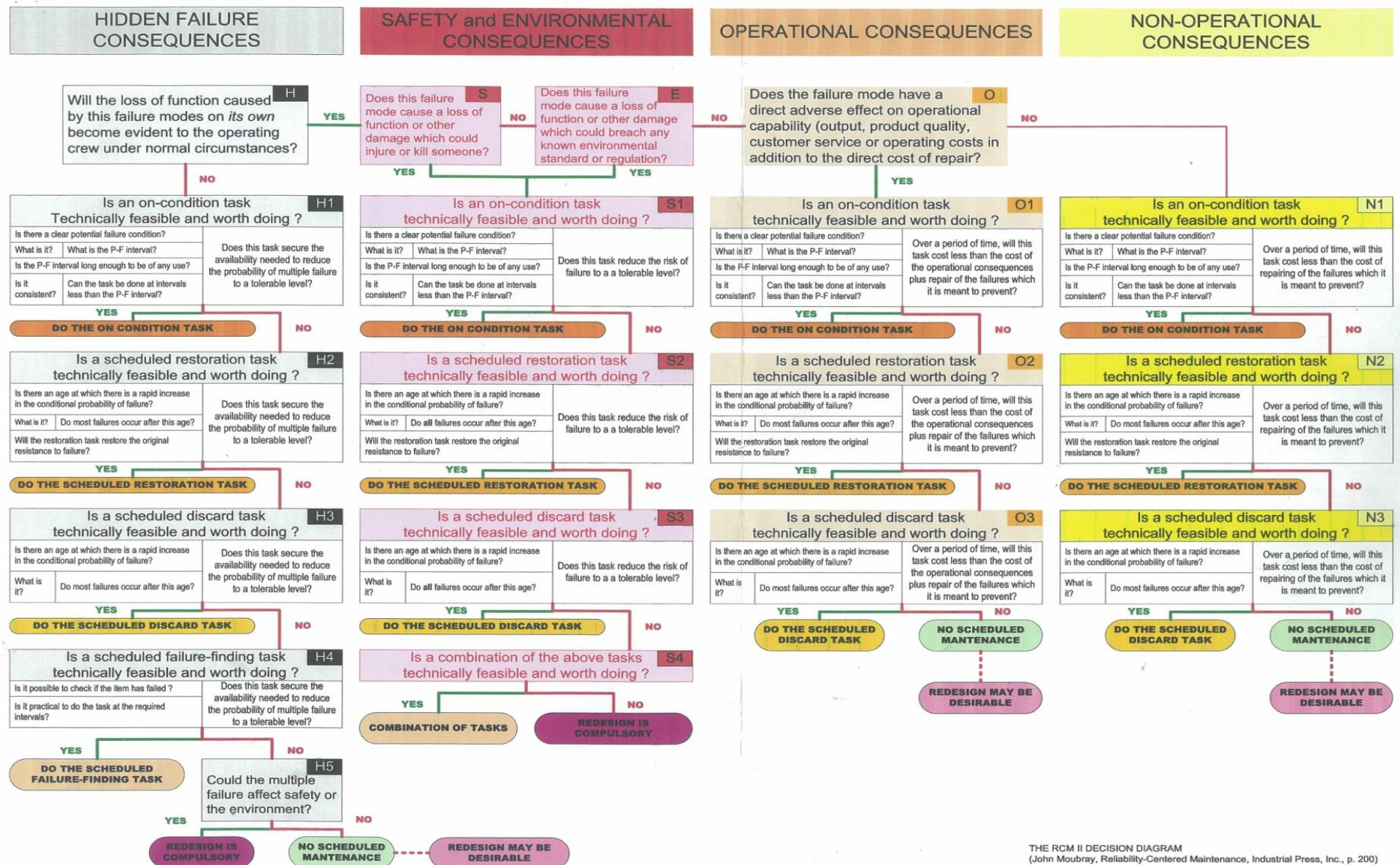
t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,000046288	0,99999995	0,9999875	#NUM!	1
400	0,000046288	0,98165515	0,01027932	0,756504803	0,981655
800	0,000046288	0,96364684	0,00373297	0,865754943	0,963647
1200	0,000046288	0,94596889	0,00368967	0,914493001	0,945969
1600	0,000046288	0,92861523	0,00368938	0,941399213	0,928615
2000	0,000046288	0,91157993	0,00368938	0,957934422	0,91158
2400	0,000046288	0,89485713	0,00368938	0,96879996	0,894857
2800	0,000046288	0,87844112	0,00368938	0,976280796	0,878441
3200	0,000046288	0,86232625	0,00368938	0,981613411	0,862326
3600	0,000046288	0,84650701	0,00368938	0,985519133	0,846507
4000	0,000046288	0,83097797	0,00368938	0,988442994	0,830978
4400	0,000046288	0,8157338	0,00368938	0,990671773	0,815734
4800	0,000046288	0,80076929	0,00368938	0,992396853	0,800769
5200	0,000046288	0,7860793	0,00368938	0,993749675	0,8
5600	0,000046288	0,7716588	0,00368938	0,994822726	0,785324
6000	0,000046288	0,75750283	0,00368938	0,995682436	0,770917
6400	0,000046288	0,74360656	0,00368938	0,996377375	0,756775
6800	0,000046288	0,72996521	0,00368938	0,996943615	0,742892
7200	0,000046288	0,71657411	0,00368938	0,997408317	0,729264
7600	0,000046288	0,70342867	0,00368938	0,997792183	0,715886
8000	0,000046288	0,69052438	0,00368938	0,998111166	0,702753
8400	0,000046288	0,67785682	0,00368938	0,998377683	0,689861
8800	0,000046288	0,66542164	0,00368938	0,998601486	0,677206
9200	0,000046288	0,65321458	0,00368938	0,998790296	0,664782
9600	0,000046288	0,64123146	0,00368938	0,998950274	0,652587
10000	0,000046288	0,62946816	0,00368938	0,999086368	0,640615

- ***Amine Drain Vessel Pump (135-P-07)***

t (hours)	Failure Rate	Reliability	Availability	Maintainability	Rm(t)
	$\lambda$	R(t)	A(t)	M(t)	
0,001	0,00015957	0,99999984	0,99999984	4,76179E-05	1
100	0,00015957	0,98416964	0,99668832	0,991450691	0,98417
200	0,00015957	0,96858988	0,99666046	0,999926909	0,96859
300	0,00015957	0,95325675	0,99666022	0,999999375	0,953257
400	0,00015957	0,93816635	0,99666022	0,999999995	0,938166
500	0,00015957	0,92331484	0,99666022	1	0,923315
600	0,00015957	0,90869843	0,99666022	1	0,908698
700	0,00015957	0,89431341	0,99666022	1	0,894313
800	0,00015957	0,8801561	0,99666022	1	0,880156
900	0,00015957	0,86622291	0,99666022	1	0,866223
1000	0,00015957	0,85251029	0,99666022	1	0,85251
1100	0,00015957	0,83901474	0,99666022	1	0,839015
1200	0,00015957	0,82573284	0,99666022	1	0,825733
1300	0,00015957	0,81266119	0,99666022	1	0,812661
1400	0,00015957	0,79979647	0,99666022	1	0,8
1500	0,00015957	0,7871354	0,99666022	1	0,787336
1600	0,00015957	0,77467476	0,99666022	1	0,774872
1700	0,00015957	0,76241138	0,99666022	1	0,762605
1800	0,00015957	0,75034213	0,99666022	1	0,750533
1900	0,00015957	0,73846395	0,99666022	1	0,738652
2000	0,00015957	0,72677379	0,99666022	1	0,726959
2100	0,00015957	0,7152687	0,99666022	1	0,715451
2200	0,00015957	0,70394574	0,99666022	1	0,704125
2300	0,00015957	0,69280202	0,99666022	1	0,692978
2400	0,00015957	0,68183472	0,99666022	1	0,682008

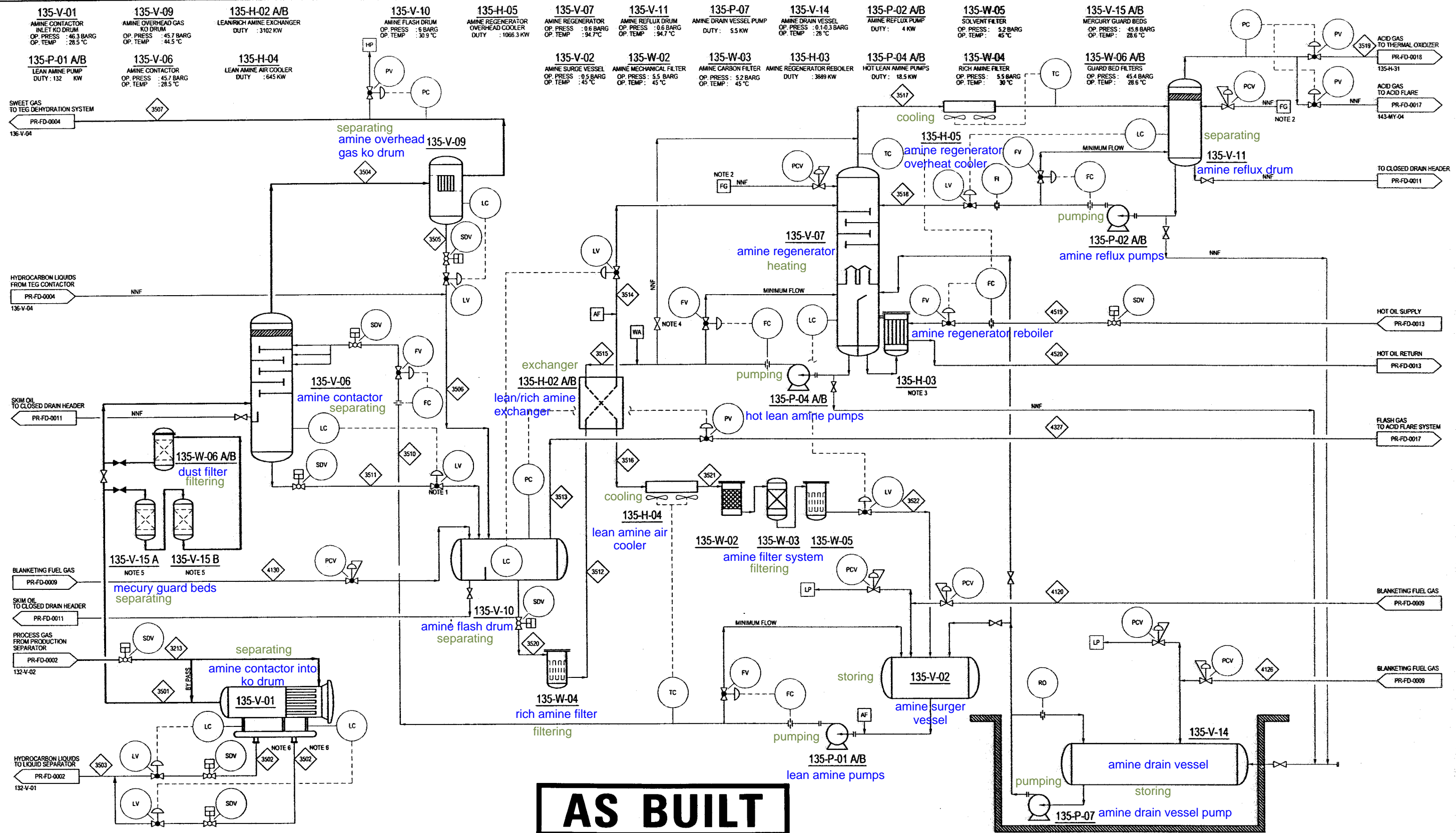
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

Berikut merupakan *descission diagram* untuk menentukan tindakan pencegahan kegagalan :





LAMPIRAN E



- NOTES:
1. VALVE LOCATED NEAR VESSEL'S INLET.
  2. FUEL GAS SUPPLY AS VACUUM BREAKER AFTER SHUTDOWN.
  3. THE REBOILER SHALL BE THERMOSYPHON TYPE.
  4. LEAN AMINE PROVISION FOR CORROSION CONTROL.
  5. MERCURY GUARD BEDS IN LEAD - LAG CONFIGURATION.
  6. IN THE H&M BALANCE, STREAM 3502 REPRESENTS COMBINED LIQUID OUTLET FROM AMINE CONTACTOR INLET KO DRUM.

GENERAL NOTES	REFERENCE DOCUMENTS	DOCUMENT NO.	REV.	DESCRIPTION	DATE	BY	CHECK	RVD	APPD	CLIENT	DATE
	CSS UPDATE & HG REMOVAL BED INSTALLATION (WORLEY PARSON PFD)	UPD-AH-1KPT-L-0005-06									
	H&M BALANCE : H <sub>2</sub> S REMOVAL SYSTEM CASE 6	UPD-IJ-P1-PR-FD-1012									
	H&M BALANCE : H <sub>2</sub> S REMOVAL SYSTEM CASE 5	UPD-IJ-P1-PR-FD-1011									
	H&M BALANCE : H <sub>2</sub> S REMOVAL SYSTEM CASE 4	UPD-IJ-P1-PR-FD-1010	D2	FINAL UPDATE	05/31/07	ASW	KAW	HJA	DT	BSM	12/14/06
	H&M BALANCE : H <sub>2</sub> S REMOVAL SYSTEM CASE 3	UPD-IJ-P1-PR-FD-1009	D1	APPROVED FOR DESIGN	10/05/06	ASW	KAW	HJA	DT	BSM	06/13/05
	H&M BALANCE : H <sub>2</sub> S REMOVAL SYSTEM CASE 2	UPD-IJ-P1-PR-FD-1008	D	APPROVED FOR DESIGN	06/13/05	ASW	KAW	HJA	DT	BSM	06/13/05
	H&M BALANCE : H <sub>2</sub> S REMOVAL SYSTEM CASE 1	UPD-IJ-P1-PR-FD-1007	C1	ISSUED FOR APPROVAL	05/30/05	ASW	KAW	HJA	DT	BSM	06/13/05
	LEGEND SHEET (SHEET 3 OF 3)	UPD-IJ-P1-PR-FD-0001-04	C	ISSUED FOR REVIEW	04/13/05	ASW	KAW	HJA	DT	BSM	06/13/05
	LEGEND SHEET (SHEET 2 OF 3)	UPD-IJ-P1-PR-FD-0001-03	B	RE-ISSUED FOR INTERNAL REVIEW	04/08/05	ASW	KAW	HJA	DT	BSM	06/13/05
	LEGEND SHEET (SHEET 1 OF 3)	UPD-IJ-P1-PR-FD-0001-02	A	ISSUED FOR INTERNAL REVIEW	03/23/05	ASW	KAW	HJA	DT	BSM	06/13/05

HES AMERADA HESS (INDONESIA-PANGKAH) LIMITED	
P.T. INTI KARYA PERSADA TEHNIK IKPT ENGINEERING & CONSTRUCTION	
PROJECT TITLE : UJUNG PANGKAH DEVELOPMENT ONSHORE PROCESSING FACILITY	
DWG. SIZE : A1	TITLE : PROCESS FLOW DIAGRAM H <sub>2</sub> S REMOVAL SYSTEM
SCALE : NONE	
JOB NO. 02020	DRAWING NO. UPD-IJ-P1-PR-FD-0003-01-D2
	REV. 02



LAMPIRAN F

No	Tag Number	Equipment	Main Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Mode Code	Maintainable Item	Failure Causes	Severity Class			Failure Effect	Consequences Evaluation				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Default Action			Proactive Task	Action Required/Remarks
									Critical	Degraded	Incipient		H	S	E	O				H4	H5	S4		
1	135-V-01	Amine Contactor Inlet KO Drum	1 Provides gas filtration to a nominal level of 10 micron to ensure that no contaminant is carried forward in the amine solution	A Unable to provide gas filtration to a nominal level of 10 micron to ensure that no contaminant is carried forward in the amine solution	1 Abnormal Instrument reading	AIR	Instrument level Instrument pressure Internal power supply	Blockage/plugged Cavitation Contamination Electrical failure - general Faulty signal/indication/alarm Mechanical Failure - general No signal/indication/alarm Out of adjustment Sticking	3138,78			Overload (over capacity of gas and liquid on vessel), trip system	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Incondition monitoring
					2 External leakage - Process medium	ELP	Instrument (level) Piping Subunit Valve	Faulty signal/indication/alarm Leakage Wear	5,06			Fire, pressure drop, environmental polution	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test (inspection),
					3 External leakage-Utility medium	ELU	Valve	Cavitation Leakage Mechanical failure-general	5,06			Methane pollute the environtment	Y	N	Y	N	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test (inspection)
					4 Parameter Deviation	PDE	Instrument level	Breakage Instrument failure - general Out of adjustment	5,06			Level fluctuation, level switch detected potential hazard, trip system	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Incondition monitoring
					5 Structural Deficiency	STD	Body/shell Piping Valves	Cavitation Corrosion Leakage	34,71			Short lifetime Trip system	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test
2	135-V-15A/B	Mercury Guard Beds	1 Removes mercury from the sour gas stream	A Unable to remove mercury from the sour gas stream	1 Abnormal instrument reading	AIR	Actuating device Control unit Instrument pressure Monitoring Piping Valves	Blockage/plugged Contaminantion Control failure Corrosion Leakage Out of adjusment Vibration	13,44			Over pressure on vessel and it can make vessel explosion	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Incondition monitoring
					2 External leakage - Process medium	ELP	Actuating device Instrument pressure, Piping Valves	Blockage/plugged Breakage Corrosion Erosion Leakage Wear	6,92			Pressure drop and hazard detection for mercury filtering process, trip system , fire risk	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test (inspection)
					3 Plugged/Chocked	PLU	Control unit Sand trap system Valves	Blockage/plugged Contaminantion Corrosion Instrument failure - general	3,1			Pipeline and vessel have potency to exploding, needed a lot of energy to transfer sour gas	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Retesting and calibrating periodically, replacing component
					4 Parameter deviation	PDE	Control unit Instrument presure Valves	Blockage/plugged Breakage Erosion Instrument failure - general	0,56			Pressure fluctuation, trip mercury filter system	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Incondition monitoring
3	135-W-06 A/B	Guard Bed Filter/Dust Filter	1 To to prevent fouling in the downstream equipment.	A Unable To prevent fouling in the downstream equipment.	1 Exteral leakage - Process medium	ELP	Piping Valves	Leakage Wear	6,15			Pressure drop, environmental polution	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Incondition monitoring
					2 Plugged/Chocked	PLU	Amine trap system	Combiend cause		1,88	4,38	Overload (over capacity gas on vessel), hazard potency	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Retesting and calibrating periodically
					3 Structural deficiency	STD	Subunit	Mechaical failure-general				Short lifetime, Trip system and Vessel explotion	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test
4	135-V-06	Amine Contactor	1 Removes H <sub>2</sub> S from the wet sour gas using an amine solution, which absorbs the H <sub>2</sub> S	A Unable to remove H <sub>2</sub> S from the wet sour gas using an amine solution, which absorbs the H <sub>2</sub> S	1 Abnormal Instrument Reading	AIR	Instrument level Istrument pressure Instrument temperature Instrument flow Internal power supply	Blockage/plugged Cavitation Contamination No signal/indication/alarm Out of adjustment	38,78			Fluctuating level, temperature and pressure that's indicating hazard, vessel explosion, trip system	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Incondition monitoring
					2 External leakage – process medium	ELP	Instrument (level) Piping Valves	Faulty signal/indication/alarm Leakage Wear	5,06			Loss of sweet gas, fire and hazard potency, pressure drop that can be a reason for trip system	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Cleaning, checking system, calibrating periodically, replacing component
					3 Parameter diviation	PDE	Instrument (level)	Breakage Instrument failure - general Out of adjustment	5,06			Flow, level, pressure less then the minimum or maximum limit allowed, trip system	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Incondition monitoring
					4 Structural deficiency	STD	Body/shell Piping Valves	Cavitation Corrosion Leakage	34,71			Short lifetime, trip system and fire potency	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test

5	135-V-09	Amine Overhead Gas KO Drum	1	Knocks out any liquids carried over in the gas from the amine contactor.	A	Unable to knock out any liquids carried over in the gas from the amine contactor.	1	Abnormal instrument reading	AIR	Instrument level Ins. Pressure Ins. Temperature Valves	Blockage/plugged Cavitation Control failure Corrosion Instrument failure - general Leakage Out of adjusment Vibration	9,77	-	-	Fluctuating pressure, temperature and level on vessel amine overhead cooler, pressure drop, trip system	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Incondition monitoring
							2	External leakage-process medium	ELP	Body/shell Piping Valves	Erosion Leakage Mechanical Failure - general Wear	2,26	-	-	Pressure drop, and trip system	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Non distructive test
							3	Plugged/Chocked	PLU	Instrument level Piping Valves	Blockage/plugged Combined causes Misc. external influences Sticking	-	10,78	-	Pipeline and vessel have potency to exploding, needed a lot of energy to transfer sour gas	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Cleaning, checking system, calibrating periodically, replacing component
							4	Structural deficiency	STD	Ins.temperature Piping Valves	Corrosion Mechanical Failure - general Vibration	-	3,85	-	Short lifetime, trip system and fire potency	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Non distructive test
6	135-V-10	Amine Flash Drum	1	Releases entrained gas from the rich amine solution, and separtes hydrocarbons from the rich amine.	A	Unable to release entrained gas from the rich amine solution, and separate hydrocarbons from the rich amine.	1	Abnormal instrument reading	AIR	Instrument level Inst.pressure Inst. temperature Valves	Blockage/plugged Cavitation, Control failure Corrosion Instrument failure - general Leakage Mechanical Failure - general Vibration	9,77	-	-	Fluctuating pressure, temperature and level on vessel amine flash drum, pressure drop, trip system	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Inconditional monitoring
							2	External leakage - Process medium	ELP	Body/shell Piping Valves	Erosion Leakage Looseness Mechanical Failure - general	2,26	-	-	Pressure drop on amine flash drum, foaming at amine flash drum and H <sub>2</sub> S pollute the environtment	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Non distructive test
							3	Plugged/Chocked	PLU	Instrument level Piping Valves	Blockage/plugged Combined causes Mechanical Failure - general Sticking	-	10,78	-	level minimum or maximum limit allowed, vessel or piping explotion potency	Y	N	N	Y	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Cleaning, checking system, calibrating periodically, replacing component
							4	Structural deficiency	STD	Inst. Temperature Piping Valves	Corrosion Instrument failure – general Leakage Mechanical Failure – general Misc. external influences Vibration	-	3,58	-	Short lifetime, trip system and fire potency	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Non distructive test
7	135-W-04	Rich Amine Filter	1	To prevent contaminants fouling the lean/rich amine exchanger located downstream	A	Unable To prevent contaminants fouling the lean/rich amine exchanger located downstream	1	External leakage-Process medium	ELP	Piping Valves	Leakage Wear	6,15	-	-	Pressure drop, loss of rich amine, environmental pollution and risk potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test
							2	Plugged/Chocked	PLU	Amine trap system	Combined causes Wear	-	4,38	-	Rich amine and H <sub>2</sub> S fail to separating, and accumulation massa on trap filter component	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Retesting and calibrating periodically, replacing component
							3	Structural Deficiency	STD	subunit	Mechanical failure-general	-	1,88	-	Short lifetime Trip system	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test
8	135-H-02 A/B	Lean/Rich Amine Exchanger	1	Raises the temperature of the cold rich amine exiting the amine flash drum by cross-exchange of heat from the hot lean amine leaving the amine regenerator.	A	Unable to raise the temperature of the cold rich amine exiting the amine flash drum by cross-exchange of heat from the hot lean amine leaving the amine regenerator.	1	External leakage - Process medium	ELP	Body/shell Piping	Leakage Material failure - general	23,15	-	-	Lean amine and rich amine loss, risk potency and fire potency	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Non destructivr test
9	135-V-07	Amine Regenerator	1	Strips entrained sour gases from the amine solution.	A	Unable to strip entrained sour gases from the amine solution.	1	Abnormal instrument reading	AIR	Heater Instrument flow Instrument level Instrument pressure Instrumrnt temperature Piping Valves	Blockage/plugged Cavitation Control failure Corrosion Instrument failure - general Leakage Mechanical Failure - general Out of adjusment Vibration	9,86	-	-	fluctuation level, flow, temperature and pressure on the amine regenerator system it can make the system trip	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Inconditional monitoring
							2	External leakage - Process medium	ELP	Body/shell Piping Valves	Erosion Leakage Looseness Mechanical Failure - general	2,89	-	-	Gas loss, and lean amine spread on vessel areas, The worst incident was a fire	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Non destructivr test

						3	Plugged/Chocked	PLU	Instrument level Piping Sand trap system, Valves	Instrument level Piping Trap system, Valves	1,53	.	.	Trip system and vessel explosion,	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Retesting and calibrating periodically, replacing component	
						4	Structural deficiency	STD	Instrument temperature Piping Valves	Inst.temperature Piping Valves	4,71	.	.	Short lifetime, trip system and fire potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on- condition task	Non distructive test	
10	135-H-03	Amine Reboiler	1	Heats the rich amine in order to separate the sour gas from the amine solution.	A	Unable to heat the rich amine in order to separate the sour gas from the amine solution.	1	Abnormal instrument reading	AIR	Control unit Instrument level Wiring	Control failure Corrosion Electrical failure - general Faulty signal/indication/alarm Instrument failure - general	54,36	.	.	fluctuation level of steam and condensate from BFW ( <i>boiler feed water</i> ) on vessel amine reboiler, trip system, overheating on amine regenerator	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Inconditional monitoring
						2	Overheating	OHE	Wiring	Electrical failure-general	-	.	.	Over pressure and lean amine evaporated and thrown into the air.	Y	N	Y	N	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Inconditional monitoring	
11	135-P-04 A/B	Hot Lean Amine Pumps	1	Circulates the hot lean amine through the lean/rich amine exchanger, lean air cooler and filters to the amine surge drum.	A	Unable to circulate the hot lean amine through the lean/rich amine exchanger, lean air cooler and filters to the amine surge drum.	1	Breakdown	BRD	Casing Gearbox/Var Drive Seals Thrust Bearing	Cavitation Mechanical Failure/general Misc External Influence Overheating	2,67	.	.	Lean amine from amine regenerator spread on pump area, and risk potency for worker	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Check system, repair and replacing component
						2	High output	HIL	Filter	Instrument failure-general Mechanical Failure/General	2,41	.	.	Pump overheating, it can make short lifetime and damage potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Inconditional monitoring	
						3	Internal leakage	INL	Filter Instrument flow Seals Valves	Contamination Corrosion Leakage Mechanical Failure/general	0,54	.	.	Pressure drop and foaming on the process filtering.	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Inconditional monitoring	
						4	Low output	LOO	Control Unit Piping Seals	Blockage/plugged Instrument Failure/General Mechanical Failure/general Wear Out	1,52	.	.	Pump trip, and it can make misalignment and make pump over working and over heat	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on- condition task	Non distructive test	
						5	Structural deficiency	STD	Casing, Control Unit Cooler Coupling to driven unit Coupling to driver Filter, Gearbox/Var Drive impeler Instrument, Pressure Piping, Thrust Bearing	Blockage/plugged Clearance/alignment failure Corrosion Leakage Material Failure/General Mechanical Failure/general Vibration	2,97	.	.	Short lifetime, trip system and fire potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on- condition task	Non distructive test	
						6	Vibration	VIB	Bearing Impeller Instrument vibration Radial bearing Shaft Thrust bearing	Breakage Clearance/alignment failure Mechanical failure-general Out of adjusment Vibration Wear	4,87	.	.	Structural deficiency of pump, and trip system, turbulence flow, fire potention	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on- condition task	Non distructive test	
12	135-V-11	Amine Reflux Drum	1	Separates the non-condensable acid gasses from the water or hydrocarbon vapour leaving the amine regenerator overhead cooler.	A	Unable to separate the non-condensable acid gasses from the water/hydrocarbon vapour leaving the amine regenerator overhead cooler.	1	Abnormal instrument reading	AIR	Actuating device Control unit Instrument level Ins. pressure Piping Valves Wiring	Blockage/plugged Breakage Contaminantion Control failure Corrosion Leakage Out of adjusment Sticking Vibration	19,12	.	.	Fluctuation level, flow, temperature and pressure on the amine reflux drum it can make the system trip	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Inconditional monitoring
						2	External leakage - Process medium	ELP	Actuating device Instrument level Ins. pressure Piping Unknown Valves	Blockage/plugged Breakage Combined causes Corrosion Erosion Leakage Looseness Wear	10,97	.	.	Lean amine loss and spead around reflux drum, risk potency and fire potency	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Non destructivr test	
						3	Plugged/Chocked	PLU	Control unit Other Sand trap system Subunit Unknown Valves	Blockage/plugged Breakage Clearance/ alignment failure Contaminantion Control failure Corrosion Out of adjusment Sticking Wear	0,98	.	.	Trip system and vessel explosion,	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Retesting and calibrating periodically, replacing component	

						4	Parameter deviation	PDE	Actuating device Control unit Instrument (general) Valves	Blockage/plugged Breakage Control failure Erosion Out of adjustment Wear	-	5,57	-	Pressure less then the minimum or maximum limit allowed, trip system	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Incondition monitoring
						5	Structural deficiency	STD	Body/shell Piping Valves	Corrosion Instrument failure - general Material failure - general Mechanical Failure - general	-	4,39	-	Short lifetime, trip system and fire potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test
13	135-H-05	Amine Regenerator Overhead Cooler	1	Cools hot vapour from the amine regenerator to assist liquid drop out in the amine reflux drum.	A	Unable to cool hot vapour from the amine regenerator to assist liquid drop out in the amine reflux drum.	1	External leakage - Process medium	ELP	Body/shell	Leakage Material failure - general	6,19	-	H <sub>2</sub> S which has been separated in previous processed loss and spead around regenerator overhead cooler, risk potency and fire potency	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Non destructivr test
							2	Insufficient heat transfer	IHT	Control unit Fan	Breakage Electrical failure - general Looseness Mechanical Failure - general Out of adjusment Wear	2,03	-	Pressure drop, trip system and fire potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Incondition monitoring
							3	Parameter deviation	PDE	Fan Instrument (flow) Wiring	Control failure Electrical failure - general Mechanical Failure - general Vibration Wear	1,01	-	Pressure and flow less then the minimum or maximum limit allowed, trip system	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Incondition monitoring
							4	Abnormal instrument reading	AIR	Control unit Fan Instrument (general) Monitoring Wiring	Control failure Electrical failure - general Faulty signal/indication/alarm Instrument failure - general	-	-	9,17 Temperature fluctuation on amine reflux drum, and lean amine loss or discard to the flare system	Y	N	N	Y	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Non destructivr test and replacing compoent
14	135-P-02 A/B	Amine Reflux Pump	1	Transfers reflux liquid from amine reflux drum to the amine regenerator	A	Unable to transfer reflux liquid from amine reflux drum to the amine regenerator.	1	Breakdown	BRD	Casing Gearbox/Var Drive Seals Thrust Bearing	Cavitation Mechanical Failure/general Misc External Influence Overheating	2,67	-	Lean amine from amine reflux drum spread on pump area, and risk potency for worker	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Check system, repair and replacing component
							2	High output	HID	Filter	Instrument failure-general Mechanical Failure/General	2,41	-	Pump overheating, it can make short lifetime and damage potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Inconditional monitoring
							3	Internal leakage	INL	Filter Instrument flow	Contamination Corrosion	0,54	-	Pressure drop and foaming on the process filtering.	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Inconditional monitoring
							4	Low output	LOO	Seals Valves	Blockage/plugged Instrument Failure/General Mechanical Failure/general Wear Out	1,52	-	Pump trip, and it can make misalignment and make pump over working and over heat	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test
							5	Structural deficiency	STD	Casing Cooler Coupling to driver Filter Piping	Blockage/plugged Clearance/allignment failure Corrosion Leakage Material Failure/General	2,97	-	Short lifetime, trip system and fire potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test
							6	Vibration	VIB	Bearing Impeller Instrument vibration Radial bearing Shaft Thrust bearing	Breakage Clearance/alignment failure Mechanical failure-general Out of adjusment Vibration Wear	4,87	-	Structural deficiency of pump, and trip system, turbulence flow, fire potention	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test
15	135-H-04	Lean Amine Air Cooler	1	Further Cools the lean amine downstream lean/rich amine exchanger.	A	Unable to further Cool the lean amine downstream lean/rich amine exchanger	1	External leakage - Process medium	ELP	Body/shell	Breakage Cavitation Leakage Corossion	6,19	-	Lean amine separated in previous processed loss and spead around lean amine air cooler, risk potency and fire potency	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Non destructivr test

						2	Insufficient heat transfer	IHT	Control unit Fan	Breakage Electrical failure - general Looseness Mechanical Failure - general Out of adjustment Wear	2,03	-	-	Pressure drop, trip system and fire potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Incondition monitoring
						3	Parameter deviation	PDE	Fan Instrument (flow) Wiring	Control failure Electrical failure - general Mechanical Failure - general Vibration Wear	1,01	-	-	Flow and pressure less then the minimum or maximum limit allowed, trip system	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Incondition monitoring
						4	Abnormal instrument reading	AIR	Control unit Fan Instrument (general) Monitoring Wiring	Control failure Electrical failure - general Faulty signal/indication/alarm Instrument failure - general	-	-	9,17	Temperature fluctuation on amine filter system, risk potency	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Non destructivr test and replacing compoent
16	135-P-01 A/B	Lean Amine Pumps	1	Transfers the lean amine into the amine contactor.	A	Unable to transfer the lean amine into the amine contactor.	1	Breakdown	DRD	Casing Gearbox/Var Drive Seals Support Thrust Bearing	28,54	-	-	Lean amine from amine surge vessel spread on pump area, and risk potency for worker	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Check system, repair and replacing component
						2	External leakage - Process medium	ELP	Bearing Casing Check Valve Instrument, Pressure Piping Seals Valves	Breakage Cavitation Clearance/allignment failure Corrosion Leakage Looseness Wear Out	9,51	-	-	Fire potency, trip system, risk potency, pump explotion	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Check system, repair and replacing component
						3	Structural deficiency	STD	Casing, Control Unit Cooler Coupling to driven unit Coupling to driver, Filter Gearbox/Var Drive impeler, Instrument, Pressure Piping, Thrust Bearing	Blockage/plugged Clearance/allignment failure Corrosion Leakage Material Failure/General Mechanical Failure/general Vibration	38,05	-	-	Short lifetime, trip system and fire potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test
17	135-W-02	Amine Mechanical Filter	1	To protect the downstream carbon filter	A	Unable To protect the downstream carbon filter	1	External leakage - Process medium	ELP	Piping Valves	7,02	-	-	Lean amine spread on area, risk potency and fire potency	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Incondition monitoring
						2	Plugged/Choked	PLU	Trap system	Combined causes	-	4,43	-	Trip system and vessel explosion,	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Retesting and calibrating periodically, replacing component
						3	Structural deficiency	STD	Subuit	Mechanical failure general	-	2,64	-	Short lifetime, trip system and fire potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test
18	135-W-03	Amine Carbon Filter	1	To remove trace amounts of hydrocarbon, any decomposition product of amine and other contaminants from the amine stream	A	Unable To remove trace amounts of hydrocarbon, any decomposition product of amine and other contaminants from the amine stream	1	Abnormal instrument reading	AIR	Piping Valves	9,03	-	-	Pressuredetecting fluctuation on amine filter system, risk potency	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Non destructivr test and replacing compoent
						2	External leakage - Process medium	ELP	Body/shell Piping	Mechanical failure general	2,89	-	-	Fire potency, and pollution	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test
19	135-W-05	Solvent Filter	1	To catch any finings or carbon escaping the carbon filter	A	Unable to catch any finings or carbon escaping the carbon filter	1	External leakage - Process medium	ELP	Piping Valves	7,02	-	-	Fire potency, and pollution	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test
						2	Plugged/Choked	PLU	Sand trap system	Combined causes	-	4,43	-	Trip system and vessel explosion,	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Retesting and calibrating periodically, replacing component
						3	Structural deficiency	STD	Subuit	Mechanical failure general	-	2,64	-	Short lifetime, trip system and fire potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test
20	135-V-02	Amine Surge Vessel	1	Ensures there is and adequate supply header for Lean Amine Pumps 135-P-01A/B	A	Unable to ensure there is an adequate supply header for Lean Amine Pumps 135-P-01A/B	1	Abnormal instrument reading	AIR	Instrument level Instrument pressure Instrument temperature	5,65	-	-	fluctuation level, temperature and pressure on the amine surge vessel it can make the system trip	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Inconditional monitoring
						2	Parameter deviation	PDE	Instrument (level)	Instrument failure - general No cause found	-	2,56	-	Pressure less then the minimum or maximum limit allowed, trip system	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Incondition monitoring
						3	Structural deficiency	STD	Body/shell Valves	Cavitation Corrosion	-	3,17	-	Short lifetime, trip system and fire potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non distructive test



21	135-V-14	Amine Drain Vessel	1	Receives fluids from the amine drain header.	A	Unable to receive fluids from the amine drain header.	1	Abnormal instrument reading	AIR	Actuating device Control unit Heater Instrument (flow, general, level, pressure, temperature) Internal power supply Piping Valves Wiring	Blockage/plugged Breakage Cavitation Contamination Corrosion Deformation Earth/isolation fault Electrical failure - general Faulty signal/indication/alarm Leakage Mechanical Failure - general No signal/indication/alarm	9,83	,	,	fluctuation level and pressure on the amine drain vessel it can make the system trip	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Inconditional monitoring
							2	External leakage - Process medium	ELP	Actuating device Body/shell Heater Instrument (level, pressure) Piping Valves	Breakage Combined causes Corrosion Erosion Fatigue Faulty signal/indication/alarm Leakage Looseness Mechanical Failure - general Wear	2,89	,	,	Fire, pressure drop, environmental polution	Y	Y	N	N	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non destructive test (inspection),
							3	Plugged/Choked	PLU	Instrument (level) Piping Sand trap system Valves	Blockage/plugged Breakage Contamination Corrosion Instrument failure - general Mechanical Failure - general Wear	1,53	,	,	Trip system and vessel explosion,	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Retesting and calibrating periodically, replacing component
							4	Structural deficiency	STD	Body/shell Instrument (general, temperature) Piping Valves Wiring	Cavitation, Corrosion Deformation Instrument failure - general Leakagegeneral Mechanical Failure - general Vibration	4,71	,	,	Short lifetime, trip system and fire potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non destructive test
22	135-P-07	Amine Drain Vessel Pump	1	Reduces the level in the amine drain vessel by pumping to the amine surge vessel	A	Unable to reduce the level in the amine drain vessel by pumping to the amine surge vessel	1	Breakdown	BRD	Casing Gearbox/Var Drive Seals Thrust Bearing	Cavitation Mechanical Failure/general Misc External Influence Overheating	2,67	,	,	Lean amine from amine drain vessel spread on pump area, and risk potency for worker	Y	Y	N	N	N	Y	N	-	-	-	Schedule restoration task	Check system, repair and replacing component
							2	High output	HIO	Filter	Instrument failure-general Mechanical Failure/General	2,41	,	,	Pump overheating, it can make short lifetime and damage potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Inconditional monitoring
							3	Internal leakage	INL	Filter Instrument flow Seals Valves	Contamination Corrosion Leakage Mechanical Failure/general	0,54	,	,	Pressure drop and foaming on next process and turbulent flow.	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on condition task	Inconditional monitoring
							4	Low output	LOO	Control Unit Piping Seals	Blockage/plugged Instrument Failure/General Mechanical Failure/general Wear Out	1,52	,	,	Pump trip, and it can make misalignment and make pump over working and over heat	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non destructive test
							5	Structural deficiency	STD	Casing Control Unit, Cooler Coupling to driven unit Coupling to driver Filter, Gearbox/Var Drive impeler Instrument, Pressure Piping, Thrust Bearing	Blockage/plugged Clearance/allignment failure Corrosion Leakage Material Failure/General Mechanical Failure/general Vibration	2,97	,	,	Short lifetime, trip system and fire potency	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non destructive test
							6	Vibration	VIB	Bearing Impeller Instrument vibration Radial bearing Shaft Thrust bearing	Breakage Clearance/alignment failure Mechanical failure-general Out of adjusment Vibration, Wear	4,87	,	,	Structural deficiency of pump, and trip system, turbulence flow, fire potention	Y	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Schedule on-condition task	Non destructive test